



**Silvério Manuel dos
Santos Neves**

**Rastreabilidade de componentes na cadeia de
fornecimento**

Tracking and Tracing of parts in the supply chain



**Silvério Manuel dos
Santos Neves**

**Rastreabilidade de componentes na cadeia de
fornecimento**

Tracking and Tracing of parts in the supply chain

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão de Operações, realizada sob a orientação científica do Doutor Joaquim José Borges Gouveia, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Doutor Jorge de Carvalho Alves
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

vogais

Doutor Joaquim José Borges Gouveia
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Doutor Paulo Jorge Palmeira Gomes
Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Economia da Universidade
Nova de Lisboa

agradecimentos

À minha esposa,
por todos os incentivos, compreensão e paciência.

resumo

Como pouco se conhece sobre a aplicação e uso da tecnologia de RFID (Identificação por rádio frequência) na Identificação automática e recolha e dados de componentes na cadeia de fornecimento num contexto de rastreabilidade, o presente trabalho visa procurar conhecer melhor os fenómenos em estudo através de novas questões, novas explicações, tentando indagar as características e as alterações que esta tecnologia irá provocar na gestão da cadeia de fornecimento.

A cadeia de fornecimento, para se adaptar às necessidades e exigências dos seus elementos, necessita que todas as suas actividades sejam integradas na procura do bom funcionamento dos seus fluxos de materiais, de crédito e de informação. Para que esta integração seja funcional e se possa controlar de modo efectivo os diferentes fluxos, é essencial a implementação de mecanismos de rastreabilidade. A sua implementação irá dotar todos os elementos da cadeia de fornecimento de meios de conhecimento para um melhor posicionamento ao nível operacional, tático e estratégico.

Tendo em consideração o acima descrito, o que conduziu à elaboração da presente dissertação baseou-se nos seguintes pressupostos: elaborar um modelo de aplicação da rastreabilidade baseado na revisão da literatura sobre a panorâmica da rastreabilidade; ter como tecnologia comparativa ao RFID o código de barras; ter como base casos já implementados com a tecnologia RFID; aplicar o modelo nos casos existentes no sentido de permitir tirar conclusões.

Deste modo, o presente trabalho propõe-se contribuir com a criação e definição de um modelo de rastreabilidade que permita analisar e abordar a aplicação prática de um processo de rastreabilidade com uso da tecnologia RFID. Este modelo, que serviu de base às conclusões da presente dissertação, pode ser usado para a definição de um projecto de rastreabilidade assente num enquadramento em três perspectivas. A perspectiva da cadeia de fornecimento, onde se define o tipo de actividade da empresa, o tipo de processo e o tipo de produto. Na perspectiva da rastreabilidade é necessária a definição em termos de âmbito, tipo de perspectiva, foco da rastreabilidade e item de rastreabilidade. Após ter a perspectiva da cadeia de fornecimento e da rastreabilidade definida deve ser iniciado o processo de implementação de um sistema de informação adequado para que se possa receber a informação através da tecnologia RFID no sentido de efectuar a ligação do fluxo de informação com o fluxo físico. Onde devemos ter em consideração onde é colocada fisicamente a identificação, o modo de uso, o ambiente de utilização e o circuito de utilização.

Após a aplicação do modelo nos casos existentes verificou-se que a aplicação da tecnologia RFID está maioritariamente associada a uma perspectiva interna de rastreabilidade, a uma colocação da identificação no meio de transporte interno do produto e num contexto da actividade de produção.

Como se constatou no presente trabalho, a tecnologia RFID tem claras vantagens em relação ao código de barras: capacidade de leitura e escrita; não necessitar linha de vista; suporte a altas temperaturas e a ambientes pesados. Estas vantagens fazem com que sejam as empresas com actividade de produção a usá-la e implementá-la em projectos de rastreabilidade.

Em termos de futuro deverá ser analisada a evolução da aplicação da tecnologia em termos de rastreabilidade de componentes em empresas com actividades de distribuição, transporte e ponto de venda. Sendo possível, deste modo, o alargamento do uso da tecnologia em mecanismos de rastreabilidade à medida que o conceito de gestão da cadeia de fornecimento se for aplicando de forma mais generalizada.

abstract

We don't have a clear view and the necessary understanding about applying RFID technology in tracking and tracing of parts in the supply chain. This work tend to search a better phenomena knowledge in study with new questions and new explanations in order to know how the supply chain management will be affected by the RFID technology.

The supply chain needs the integration in his activities level in order to obtain a good material, credit and informational flows performance. This imperative is based in the new supply chain participants necessities and desires. To have a functional integration and an effective control of the three different flows is mandatory a tracking and tracing framework system implementation. This implementation will give to all supply chain participants the knowledge and tools to have an excellent operational, tactic and strategic positioning.

Considering these issues described above, the present work was did respecting the following guide-lines: develop a tracking and tracing application model based on the literature review; choosing the bar code as the comparative technology; accepting only success real cases using RFID technology; applying in the case studies the tacking and tracing model developed to have the necessary information to pick up appropriate conclusions.

In this way, this present work tend to contribute with a tracking and tracing model tool to help analysing and defining a real practice application of the RFID technology in a tracking and tracing process. The tracking and tracing model can be used to starting a new project based in three fundamental orientations. One of them is about the supply chain where we need to select the company activity, the production process type and the product type. Another orientation is dedicated to the tracking and tracing issue. Is necessary to define the scope, the type, the focus and the item that will have to track. The other orientation is related with technology. We need to consider where we put physically the identification, his mode of use, where will be used in terms of conditions and the utilization circuit.

After the application of the tracking and tracing model in the real case studies, was detected that the RFID technology is used in large scale in an internal tracking and tracing scope, the physical identification location is in the product carrier and used in the production scene.

As we concluded in this present work, the RFID technology has significant advantages comparing with the bar code technology. With the use of RFID we can have the possibility to use in a write and read mode, we don't need a line of view to interact and transfer information and we can use in conditions with high temperatures and presence of liquids. This group of advantages was the reason why the productions companies started the implementation of tracking and tracing projects with RFID technology.

In the future, we shall analyse the evolution of RFID use in tracking and tracing projects in companies with different activities than production, like distribution, transport and point of sales. In this way, the general technology use among all supply chain participants in tracking and tracing tools will be a reality as the supply chain management concept will be adopted.

Índice

LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS	15
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	17
1.1 ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO	17
1.2 DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	22
CAPÍTULO 2 - PANORÂMICA DA RASTREABILIDADE.....	23
2.1 GESTÃO DA CADEIA DE FORNECIMENTO.....	23
2.1.1 <i>Introdução</i>	23
2.1.2 <i>Tipos de Cadeia de Fornecimento</i>	26
2.1.3 <i>Desafios da Cadeia de Fornecimento</i>	34
2.2 RASTREABILIDADE	37
2.2.1 <i>Identificação do Produto</i>	40
2.2.2 <i>Codificação do Produto</i>	42
2.2.3 <i>Ponto de Desacoplamento de Informação</i>	42
2.2.4 <i>Certificação</i>	43
2.2.5 <i>Produção baseada em Lote</i>	43
2.2.6 <i>Optimização de Formula de Processo</i>	44
2.3 IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA E RECOLHA DE DADOS.....	44
2.3.1 <i>RFID</i>	45
2.3.1.1 <i>Quantidade de Dados</i>	46
2.3.1.2 <i>Alimentação</i>	46
2.3.1.3 <i>Distância de Operação e Acoplamento</i>	46
2.3.1.4 <i>Funcionalidade do Sistema</i>	47
2.3.1.5 <i>Frequência de Operação</i>	48
2.3.1.6 <i>Formatos de um transponder</i>	49
2.3.2 <i>Standards Tecnológicos</i>	49
2.3.2.1 <i>ISO 15693</i>	49

2.3.2.2 ISO/IEC 18000 - RFID for Item Management.....	50
2.3.3 <i>Standards Aplicacionais</i>	51
2.3.3.1 AIAG – Automotive Industry Action Group.....	51
2.3.3.2 ANSI MH10.8.4:2001 - RFID for Reusable Containers.....	52
2.3.3.3 Electronic Product Code e Global Tag.....	52
2.3.4 <i>Mercado</i>	54
3- MODELOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS PARA A RASTREABILIDADE	59
3.1 -INTRODUÇÃO	59
3.2 – MODELO PARA A RASTREABILIDADE DE COMPONENTES NA CADEIA DE FORNECIMENTO.....	60
3.2.1 - <i>Perspectiva da Cadeia de fornecimento</i>	61
3.2.1.1 Tipo de Actividade.....	61
3.2.1.2 Tipo de Processo.....	65
3.2.1.3 Tipo de Produto	66
3.2.2 - <i>Perspectiva da Rastreabilidade</i>	67
3.2.2.1 Âmbito.....	68
3.2.2.2 Tipo de Perspectiva.....	70
3.2.2.3 Foco da Rastreabilidade	70
3.2.2.4 Item de Rastreabilidade	71
3.3 - PROCESSOS E TECNOLOGIA PARA A RASTREABILIDADE	73
3.3.1 - <i>Perspectiva de RFID</i>	75
3.3.1.1 Onde é colocada a identificação	76
3.3.1.2 Modo de Uso.....	77
3.3.1.3 Ambiente de Utilização.....	78
3.3.1.4 Circuito de utilização	81
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE APLICAÇÕES PRÁTICAS E SUAS IMPLEMENTAÇÕES EM CASOS DE ESTUDO.....	83
4.1 – PESQUISA	83
4.1.1. – <i>Entrevistas</i>	83
4.1.2. - <i>Inquérito</i>	85

4.1.2.1 Perspectiva da Rastreabilidade	85
4.1.2.2 Perspectiva da cadeia de fornecimento	86
4.1.2.3 Perspectiva de RFID	87
4.1.2.4 Caracterização das Perguntas do Questionário.....	88
4.2- ANÁLISE DOS RESULTADOS	90
4.2.1. - Entrevistas.....	90
4.2.2 - Inquérito.....	92
4.2.2.1 Perspectiva da Rastreabilidade	92
4.2.2.2 Perspectiva da Cadeia de Fornecimento.....	95
4.2.2.3 Perspectiva de RFID	98
4.2.2.4 Perspectiva Geral	103
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....	105
5.1 SÍNTESE DAS CONCLUSÕES	105
5.2 PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURAS	110
BIBLIOGRAFIA	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
REFERÊNCIAS NA INTERNET.....	115
ANEXOS.....	119
ANEXO 1 – DADOS DO QUESTIONÁRIO	119

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Produto Funcional versus Inovador.....	26
Tabela 2 – Características operacionais relevantes para o <i>postponement</i>	33
Tabela 3 - Conceito de Desenvolvimento de Tracking e Tracing	40
Tabela 4 - Frequências em RFID	48
Tabela 5 - Componentes do ISO18000	50
Tabela 6 - Previsão de Adopção do ePC	53
Tabela 7 – Características operacionais relevantes para o <i>postponement</i>	64
Tabela 8 - Produto Funcional versus Inovador.....	66
Tabela 9 - Caracterização da perguntas.....	88
Tabela 10 - Tabela de Frequências - Variável 1	92
Tabela 11 - Tabela de Frequências - Variável 2	93
Tabela 12 - Tabela de Frequências - Variável 3	94
Tabela 13 - Tabela de Frequências - Variável 4	95
Tabela 14 - Variável 3 relacionada com a Variável 4	95
Tabela 15 - Tabela de Frequências - Variável 5	96
Tabela 16 - Tabela de Frequências - Variável 6	97
Tabela 17 - Tabela de Frequências - Variável 7	97
Tabela 18 - Tabela de Frequências - Variável 8	98
Tabela 19 - Tabela de Frequências - Variável 9	99
Tabela 20 - Tabela de Frequências - Variável 10	100
Tabela 21 - Tabela de Frequências - Variável 11	100
Tabela 22 - Tabela de Frequências - Variável 12	101
Tabela 23 - Tabela de Frequências - Variável 13	102
Tabela 24 - Tabela de Frequências - Variável 14	102
Tabela 25 - Variável 4 relacionada com a Variável 5	103
Tabela 26 - Variável 3 relacionada com a Variável 6	103
Tabela 27 - Variável 4 relacionada com a Variável 14	104

Lista de Figuras

Figura 1 – Cadeia de Fornecimento	23
Figura 2 – Processos da Cadeia de Fornecimento	24
Figura 3 - Tipo de Produto versus Tipo de Cadeia	28
Figura 4 - Variação da Produção versus Variação de Necessidades.....	29
Figura 5 - Fluxo de Material e Fluxo de Informação	30
Figura 6 - Ponto de Desacoplamento de Material versus Informação	31
Figura 7 - Postponement em termos logísticos.....	32
Figura 8 - Estratégias de Processo de Transformação	35
Figura 9 - Personalização em Massa.....	36
Figura 10 - Tracking na rastreabilidade	37
Figura 11 - Tracing na rastreabilidade	37
Figura 12 – Camadas das funções de Tracking e Tracing.....	39
Figura 13 - Identificação num sistema de Rastreabilidade.....	41
Figura 14 - Tecnologias AIDC	44
Figura 15 - Sistema de Rádio Frequência.....	45
Figura 16 - Valor Total do Mercado de RFID.....	55
Figura 17 - A gestão da cadeia de fornecimento no mercado de RFID	56
Figura 18 - A indústria Automóvel no mercado de RFID.....	57
Figura 19- Tipo de Actividade na Cadeia de Fornecimento.....	61
Figura 20 - Fluxo de Material e Fluxo de Informação	62
Figura 21 - Ponto de Desacoplamento de Material versus Informação	62
Figura 22 - Estratégias de Processo de Transformação.....	65
Figura 23 - Modelo de Rastreabilidade	68
Figura 24- Foco da Rastreabilidade	71
Figura 25 - Identificação num sistema de Rastreabilidade.....	72
Figura 26 - Processos e Tecnologias para a Rastreabilidade.....	74
Figura 27- Somente Leitura de Tag	77
Figura 28 - Leitura e Escrita de Tag.....	78
Figura 29 - Sem linha de Vista sobre a Tag	79
Figura 30 - Suporte a Altas Temperaturas.....	80

Figura 31 - Suporte a submersão de líquidos.....	80
Figura 32 - Circuito Aberto	81
Figura 33 - Circuito Fechado.....	82
Figura 34 - Histograma Variável 1	92
Figura 35 - Histograma Variável 2	93
Figura 36 - Histograma Variável 3	93
Figura 37 - Histograma Variável 4	94
Figura 38 - Histograma Variável 5	96
Figura 39 - Histograma Variável 6	96
Figura 40 - Histograma Variável 7	97
Figura 41 - Histograma Variável 8	98
Figura 42 - Histograma Variável 9	99
Figura 43 - Histograma Variável 10.....	99
Figura 44 - Histograma Variável 11.....	100
Figura 45 - Histograma Variável 12.....	101
Figura 46 - Histograma Variável 13.....	101
Figura 47 - Histograma Variável 14.....	102
Figura 48 - Modelo de Rastreabilidade	109

Lista de Abreviaturas

AIDC - Automatic Identification and Data Capture – Identificação Automática e Captura de Dados

EAN – European Article Numbering International

EAS – Electronic Article Surveillance – Vigilância Electrónica de Artigos

ePC – Electronic Product Code - Código de Produto Electrónico

IEC - International Electrotechnical Commission

ISO - International Organisation for Standardization

MP – Matéria Prima

RFID – Rádio Frequency Identification - Identificação por Rádio Frequência

SCM – Supply Chain Management – Gestão da Cadeia de Fornecimento

UCC - Uniform Code Council, Inc

WIP – Work in Progress – Trabalho em estado Activo

3PL – Third Party Logistics Provider

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Âmbito da Dissertação

Nos contactos que tive com centenas de empresas ao longo dos últimos anos no âmbito da minha actividade profissional, a palavra rastreabilidade tornou-se um elemento essencial para o sucesso das empresas. Sempre que algum sector de uma empresa descreve os seus desejos na melhoria de algo concreto, relacionada com os seus produtos, depara-se com a necessidade de ter capacidade para dar resposta a perguntas do género: onde está o produto?; qual a quantidade do produto que temos?; por onde passou o produto?; quando aconteceu isto ao produto?; para onde foi o produto?. Muitas destas perguntas surgem pelo facto de as empresas se depararem com novos desafios ao nível operacional.

A indústria, por exemplo, depara-se com diversas situações desde a diminuição de quantidades por ordem de fabrico, o aumento destas e a maior necessidade de personalização dos produtos. Estes factores obrigam as empresas a alterar os seus processos no sentido de que a referida capacidade de personalização seja adiada o mais possível e que incida sobre produtos intermédios o mais abrangentes possíveis à sua linha de produtos.

Do ponto de vista comercial, as empresas verificam que têm necessidade de diminuir prazos de entrega, bem como efectuar todos os esforços para os cumprir. Na área da distribuição surgem novos produtos devido a uma redução cada vez maior dos seus ciclos de vida. A redução do ciclo de vida provoca um aumento no número de produtos disponíveis que, associados a factores do ponto de vista comercial e a uma redução do número de produtos a fornecer por cliente, provocam grande pressão na gestão das operações no sentido de um bom desempenho de serviço ao cliente.

A pressão dos novos desafios referidos não é somente sentida isoladamente numa determinada empresa, mas de forma abrangente a toda a cadeia de fornecimento. Cada vez mais é notória a pressão vinda por parte do comportamento do consumidor final em

termos de exigência de serviço no que diz respeito ao tempo de resposta às suas especificidades e ao tratamento pós-venda. Por outro lado, os produtores e fabricantes com o crescendo dos níveis de competitividade têm vindo a pressionar a sua cadeia de fornecimento de modo a que esta corresponda aos seus anseios.

A cadeia de fornecimento, para se adaptar às necessidades e exigências dos seus elementos, necessita que todas as suas actividades sejam integradas na procura do bom funcionamento dos seus fluxos de materiais, de crédito e de informação. Para que esta integração seja funcional e se possa controlar de modo efectivo os diferentes fluxos, é essencial a implementação de mecanismos de rastreabilidade. A sua implementação irá dotar todos os elementos da cadeia de fornecimento de meios de conhecimento para um melhor posicionamento ao nível operacional, tático e estratégico.

Ao analisar os desafios das empresas é notória a obrigatoriedade de um bom fluxo de informação do ponto de vista interno e externo. No entanto, este fluxo de informação só poderá acontecer quando suportado numa boa ligação entre o sistema logístico e os sistemas de informação. A capacidade de efectuar a ligação entre o mundo físico de movimentação de produtos e o mundo virtual dos sistemas de informação é uma peça necessária para se levar à optimização das operações em termos de tempo, custos e qualidade e garantir a veracidade da informação. Dentro desta perspectiva é interessante ter em consideração os resultados de aplicação da codificação dos produtos na área dos bens de consumo. As entidades European Article Numbering International e Uniform Code Council, Inc. criaram um standard mundial de modo a permitir a todos os elementos da cadeia de fornecimento a identificação automática e recolha de dados dos produtos, embalagens e unidades logísticas por via da tecnologia do código de barras. Devido às suas vantagens não se vê hoje nenhum produto a ser vendido num hipermercado sem que esteja codificado, bem como observamos que a maior parte das unidades logísticas de transacção entre elos da cadeia de fornecimento usam a codificação standard para sua identificação única.

Noutros sectores de actividade, verifica-se que o uso de uma tecnologia de Identificação Automática e Recolha de Dados tem trazido retornos operacionais e económicos que

lhes permitem efectuar a rastreabilidade desejada. Nos casos do transporte *parcel* (actividade de recepção e entrega porta a porta) todas as embalagens são codificadas de modo a eliminar erros de identificação e efectuar-se o registo preciso dos pontos de controlo como recepção, distribuição e entrega. É bastante interessante recolher a opinião das empresas sobre os resultados obtidos em termos de existências de stock e eliminação de erros na expedição com o uso nos seus armazéns da tecnologia de código de barras para identificação automática e recolha de dados.

É facilmente verificável que a tecnologia mais usada em termos de rastreabilidade de componentes é o Código de Barras, mas como falamos de tecnologia, é importante estudar a aplicabilidade de novas tecnologias que possam criar mais e melhores benefícios operacionais às empresas. Na área das Identificação Automática e Recolha de Dados existe uma tecnologia denominada RFID (Identificação por rádio frequência) que tem vindo a ser adoptada pelo mercado empresarial após o seu uso nos meios militares. No âmbito da minha actividade profissional tenho sentido uma forte possibilidade de uso desta tecnologia por própria iniciativa das empresas. Ao detectar-se esta tendência, é importante analisar em primeiro lugar em que medida esta tecnologia está a ser usada no âmbito da rastreabilidade de componentes na cadeia de fornecimento para melhor se enquadrar o futuro desta área.

Apesar das perspectivas no uso da tecnologia RFID serem cada vez mais aliciantes em termos de retorno para as empresas, verifica-se ao analisar com mais pormenor os cenários da sua aplicação no âmbito da rastreabilidade de componentes, que encontremos dificuldades quando comparamos custos com a tecnologia de código de barras. No entanto, as hipóteses de utilização da tecnologia RFID são levantadas nas situações onde é muito difícil ou impossível a aplicação do código de barras. Por outro lado, verifica-se que quando é equacionada a possibilidade de utilização da tecnologia RFID as empresas encaram a sua aplicabilidade numa perspectiva interna de rastreabilidade, na colocação física da identificação no meio de transporte interno do produto e num contexto da área da Produção.

Tendo em consideração o acima descrito, o que conduziu à elaboração da presente dissertação baseou-se nos seguintes pressupostos:

- elaborar um modelo de aplicação da rastreabilidade baseado na revisão da literatura sobre a panorâmica da rastreabilidade.
- ter como tecnologia comparativa ao RFID o Código de Barras
- ter como base casos já implementados com a tecnologia RFID
- aplicar o modelo nos casos existentes no sentido de permitir tirar conclusões e responder às perguntas de partida.

Assim, esta dissertação pretende obter respostas às seguintes questões:

- a tecnologia RFID é a escolhida em projectos de rastreabilidade em casos onde é inviável o Código de Barras, quais as suas vantagens?;
- as empresas que mais adoptaram a tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade são empresas com actividade de produção;
- o uso da tecnologia RFID está a ser aplicada numa perspectiva interna sem uma abrangência de todos os elos da cadeia na área da rastreabilidade;
- o modo de uso de RFID em projectos de rastreabilidade é em circuito fechado com a colocação indirecta da tag/transponder no produto.

A metodologia utilizada nesta dissertação está baseada no estudo exploratório. Como pouco se conhece sobre a aplicação e uso da técnica de RFID num contexto de rastreabilidade, esta dissertação visa procurar conhecer melhor os fenómenos em estudo através de novas questões, novas explicações, tentando indagar as características e as alterações que esta tecnologia irá provocar na gestão da cadeia de fornecimento.

O estudo exploratório baseou-se numa análise de casos reais onde numa primeira parte se procedeu a quatro visitas a empresas situadas em território Português com casos de uso da tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade. Em cada visita procedeu-se a uma entrevista sobre o projecto implementado. Sendo possível seguir o processo de rastreabilidade com a utilização da tecnologia RFID e detectar as vantagens e

inconvenientes relativamente ao código de barras. Nesta primeira parte pretendeu-se explorar a primeira pergunta de pesquisa e obter conhecimentos para a segunda fase; nesta elaborou-se um questionário baseado no modelo criado para a rastreabilidade de modo a ser objecto de introdução de dados com casos empresariais de rastreabilidade com uso da tecnologia RFID.

O universo inquirido foi composto pelas empresas que tinham o seu caso descrito na Internet, acessível e sem custos durante Março e Setembro de 2003.

Após a recolha via Internet de 121 casos empresariais de projectos de rastreabilidade com uso de RFID, foi iniciado o processo de preenchimento do questionário com os referidos casos. No preenchimento, foram rejeitados 43 casos devido a falta ou à repetição de informação, pelo que ficaram 78 casos para análise. Dados estes que podem ser observados no Anexo 3.

Para tratamento dos dados recorreu-se ao software “SPSS for Windows – Release 7.5.1”. Após ao seu tratamento, procedeu-se à análise e síntese dos resultados bem como à elaboração das conclusões possíveis resultantes do seu estudo.

1.2 Descrição da Dissertação

O Capítulo 2 é dedicado à revisão da literatura sobre a rastreabilidade com o objectivo de daí obter o estado da arte sobre rastreabilidade e o paradigma de gestão em que ela assenta. O tema inicial é dedicado à gestão da cadeia de fornecimento onde são abordados os conceitos base, tipificados os vários tipos de cadeia de fornecimento e apresentados os desafios com que se deparam.

No Capítulo 3, segunda parte da dissertação, é definido um modelo de aplicação da rastreabilidade com os correspondentes processos e ferramentas. Este modelo é o resultado da pesquisa efectuada durante a preparação desta dissertação e da experiência prática nas empresas da aplicação da rastreabilidade em ambiente empresarial.

Após a criação do modelo, apresenta-se no capítulo 4 e terceira parte da dissertação a aplicação deste e a respectiva análise dos resultados. A quarta parte dedica-se à apresentação das conclusões do presente trabalho de investigação. Neste capítulo 5, podemos obter as respostas às perguntas de partida, bem como perspectivar possíveis linhas futuras de trabalho.

Capítulo 2 - Panorâmica da Rastreabilidade

2.1 Gestão da Cadeia de Fornecimento

2.1.1 Introdução

A Gestão da cadeia de fornecimento é a integração de todas as actividades que procuram a matéria-prima, transformam estes materiais em produtos intermédios ou produtos finais e entregam os produtos via um sistema de distribuição [1].

Na cadeia de fornecimento, representada na figura um, deverão ser considerados três grandes fluxos: o fluxo de materiais; o fluxo de crédito e o fluxo de informação.

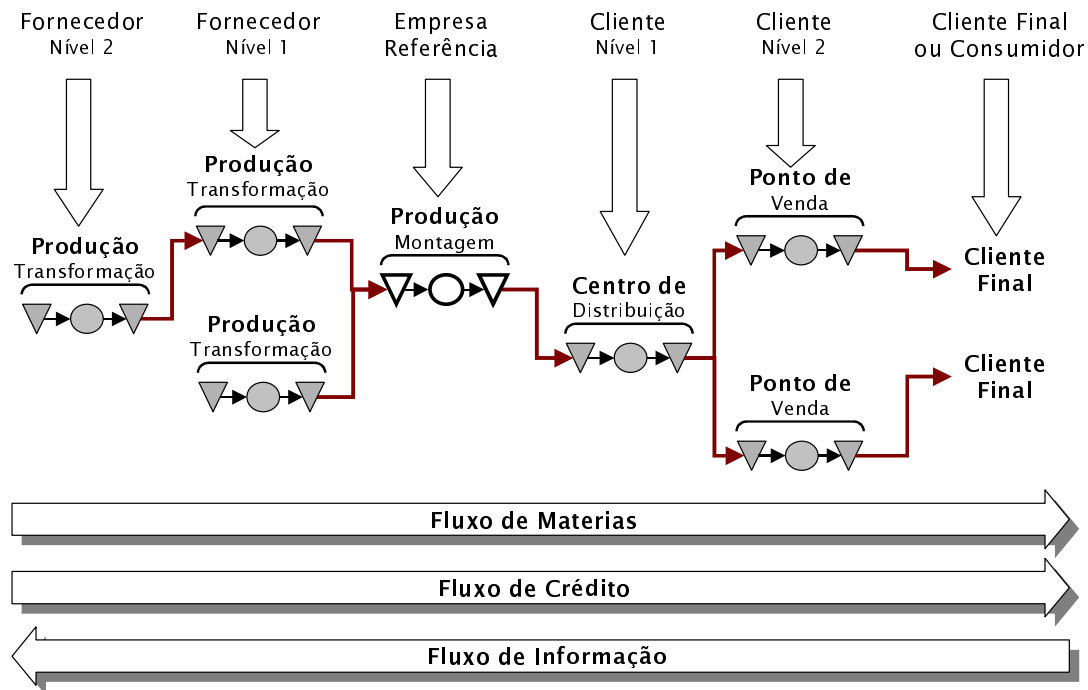


Figura 1 – Cadeia de Fornecimento

Adaptado de Heizer, Jay; Render, Barry [1]

Numa perspectiva de processos devemos considerar a gestão da cadeia de fornecimento como a integração de todos os processos fundamentais na geração de valor para o consumidor e detentores de interesse através do fornecimento de produtos, serviços e informação. A integração dos referidos processos deve ser encarada desde o fornecedor original até ao cliente final [2].

Na figura seguinte podemos ver assinalados os oito processos fundamentais.

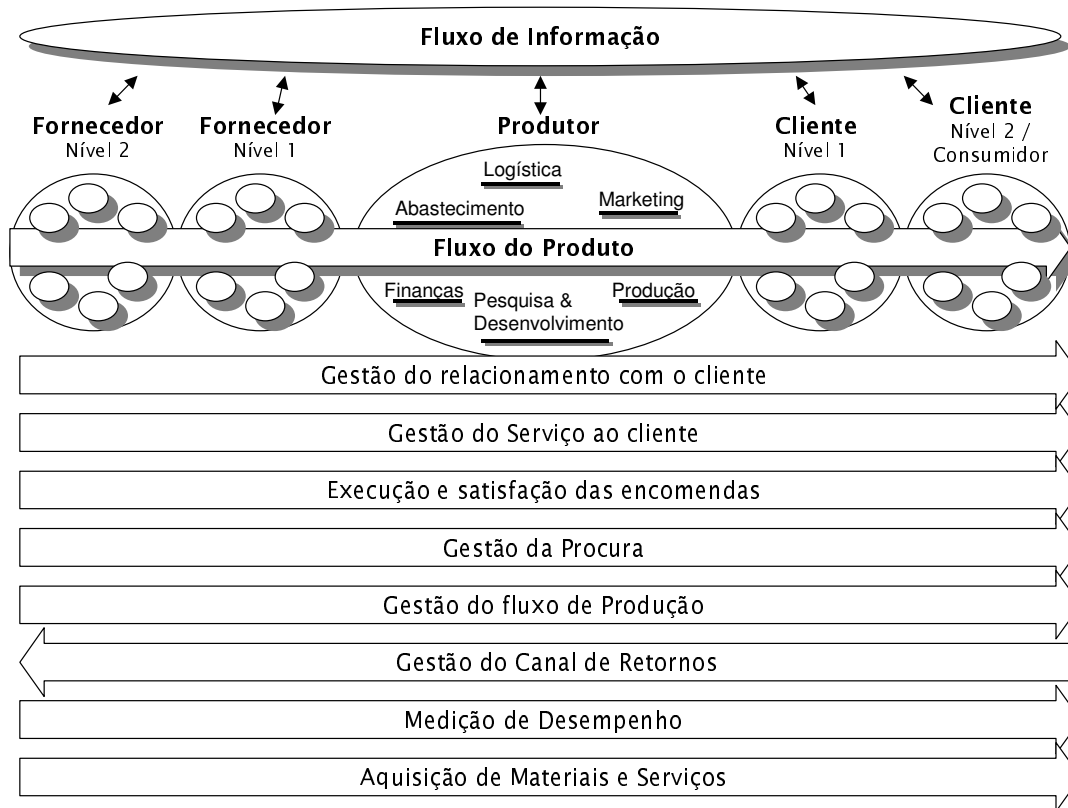


Figura 2 – Processos da Cadeia de Fornecimento

Figura : Adaptado de Lambert, Douglas M. ; Stock, James R.; Ellram, Lisa M.[3]

Ao abordar a componente Logística, devemos ter em consideração que a mesma é uma parte do processo de gestão da cadeia de fornecimento. A sua função engloba o planeamento, a implementação e o controlo do fluxo de mercadorias desde o ponto de origem até ao consumidor no sentido de corresponder aos requisitos dos clientes. Deste

modo, a eficiência, o armazenamento, o serviço e toda a informação relacionada com o fluxo efectivo são aspectos chave para o sucesso da Logística [W1].

Quando a gestão da cadeia de fornecimento se orienta para o cliente final, os indicadores que dão origem ao valor do produto para o cliente final são: a Qualidade; (Tempo de entrega (*Lead-time*); Nível de Serviço e Custo [4].

Nesta perspectiva, o indicador de desempenho da cadeia de fornecimentos é composto pela seguinte conjugação dos referidos indicadores [4].

$$\text{Indicador de Desempenho} = \left[\frac{\text{Qualidade} \times \text{Nível de Serviço}}{\text{Custo Total} \times \text{Tempo de Entrega}} \right]$$

Quando na cadeia de fornecimento não existe uma actualização atempada das previsões de venda é fomentada a lógica de encomendas sequenciadas que dão origem a flutuações de preço não previstas e há a existência de pedidos exagerados. Estes pedidos são provocados pela escassez no fornecimento em situações de grande necessidade de produto, originando assim uma distorção de informação em todos os elos da cadeia de fornecimento. Esta distorção origina grandes ineficiências que dão origem ao efeito de chicote (*bullwhip effect*) [5].

Para combater o efeito de chicote (*bullwhip effect*) é necessária a existência de partilha de informação entre os elos da cadeia de fornecimento, um alinhamento dos canais de distribuição e uma procura na eficiência operacional para melhorar os indicadores de Custo e Tempo de Entrega [5].

A redução do tempo de resposta em toda a cadeia de fornecimento faz diminuir significativamente o efeito negativo originado pela incerteza da procura, provocando uma redução de stocks e trabalho em progresso (WIP) [6]. Quando a redução do tempo de resposta é acompanhada com um fluxo de informação entre os actores da cadeia de fornecimento, o nível de redução pode ser ainda mais significativo com um grande impacto positivo na competitividade da cadeia de fornecimento. [6].

O Processo da cadeia de fornecimentos é melhorado significativamente com a concentração na otimização dos fluxos de materiais, informação e dinheiro, simplificando os procedimentos de tomada de decisão e eliminando todas as operações possíveis que não acrescentam valor ou provocam atrasos [6].

2.1.2 Tipos de Cadeia de Fornecimento

O tipo de cadeia de fornecimento deve ser enquadrado com a natureza da procura do produto e serviço fornecidos. Mediante a natureza da procura podemos enquadrar os produtos e serviços em duas categorias: primariamente funcional; ou primariamente inovador. Cada uma destas categorias requer tipos diferentes de cadeia de fornecimento [7].

Para melhor compreender as diferenças entre o produto funcional e inovador a tabela abaixo descreve algumas das suas principais características.

	Produto	
	Funcional	Inovador
Aspectos da Procura	Procura Previsível	Procura NÃO Previsível
Ciclo de vida do produto	mais de 2 anos	3 meses a 1 ano
Contribuição para a margem	5 a 20%	20 a 60%
Variedade do Produto	Baixa	Alta
Erros nas previsões de venda	10%	40 a 100%
Média do Nível de Rotação de Stock	1 a 2%	10 a 40%
Valor de mercado no fim do ciclo de vida	0%	10 a 25%
Tempo de Resposta necessário para produzir para encomenda	6 a 12 meses	1 dia a 2 semanas

Tabela 1 - Produto Funcional versus Inovador

Adaptado de Fisher, Marshall L. [7]

A cadeia de fornecimento executa duas funções distintas. Uma é função física, que consiste na transformação de matéria-prima em subprodutos e produtos finais e no seu transporte entre os elementos da cadeia. Esta função numa perspectiva de geração de custos engloba os custos de produção, transporte e armazenamento. A outra função é de mediação com o mercado, onde é responsável por assegurar que a variedade dos produtos disponíveis para entrega estejam em sintonia com os desejos da procura. Na óptica dos custos temos como importantes os custos de venda abaixo de preço devido à queda da procura e à não venda devido a falta de produto [7].

Tendo em consideração as duas funções da cadeia de fornecimento e os dois tipos de produto, é de realçar que a função física é a mais relevante para o caso da presença de produtos funcionais devido à facilidade de executar a função de mediação de mercado num ambiente de procura previsível. O importante neste caso é a partilha de informação em toda a cadeia de modo a coordenar as actividades no sentido de satisfazer a procura ao mais baixo custo possível. A função de mediação de mercado torna-se mais importante para o caso dos produtos inovadores por estes apresentarem um ciclo de vida curto e uma procura não previsível. A importância nestes casos vai para a leitura atempada dos sinais de mercado e aquisição dos produtos de modo a existir uma reacção rápida [7].

Ao verificar o relacionamento entre as funções da cadeia de fornecimento e os diferentes tipos de produto devemos considerar que a cadeia de fornecimento deve ser eficiente nos casos de presença de produtos funcionais e reactiva na presença de produtos inovadores [7].

Na página seguinte podemos observar o enquadramento do tipo de produto com o tipo de cadeia de fornecimento.

	Produtos Funcionais	Produtos Inovadores
Cadeia de Fornecimento Eficiente	Combina	Não Combina
Cadeia de Fornecimento Reactiva	Não Combina	Combina

Figura 3 - Tipo de Produto versus Tipo de Cadeia

Adaptado de Fisher, Marshall L. [7]

A caracterização do ambiente estável onde se situa o produto funcional leva a considerar que o melhor posicionamento é de um funcionamento magro (*lean*). As rápidas mudanças que ocorrem num cenário de produtos inovadores originam uma necessidade de uma organização ágil [8].

Devemos considerar que a agilidade de uma cadeia de fornecimento significa aplicar um conhecimento do mercado e um uso de uma organização virtual para explorar as oportunidades proporcionadas pelo mercado volátil. Enquanto que a magreza de uma cadeia de fornecimento deve procurar desenvolver uma corrente de valor para eliminar todos os desperdícios, nomeadamente o tempo, no sentido de assegurar um nível de cumprimento do plano de trabalho [9].

Deste modo devemos adaptar a filosofia de funcionamento da nossa cadeia de fornecimento de acordo com a necessidade de variação na produção e a necessidade de variação de produtos.

		Necessidade de Variação na Produção	
		Baixa	Alta
Necessidade de Variação de Produtos	Alta		Ágilidade
	Baixa	Magresa	

Figura 4 - Variação da Produção versus Variação de Necessidades

Adaptado de: Naylor, J. Bem & Naim, Moahamed M & Berry, Danny [9]

Devido a este enquadramento de variação de produtos e variação de produção, é essencial que toda a cadeia de fornecimento tenha uma perspectiva global de modo a obter uma união de esforços para atingir a combinação perfeita entre os paradigmas de magreza e agilidade – *Leagility* [9].

Ambos os paradigmas não devem ser considerados isoladamente. Deve ser considerada a possibilidade de adoptar um ponto de desacoplamento na cadeia de fornecimento de modo a que em cada um dos lados o funcionamento da cadeia seja segundo o paradigma mais adequado. Deste modo o ponto de desacoplamento funciona como um *buffer* entre a volatilidade da procura para uma grande variedade de produtos e o nível de trabalho planeado adequado a uma pequena variedade de componentes ou produtos [9].

Antes de considerar com profundidade o ponto de desacoplamento, temos que ter em atenção a existência de dois fluxos distintos na cadeia fornecimento, o fluxo de material e o fluxo de dados de encomenda [10].

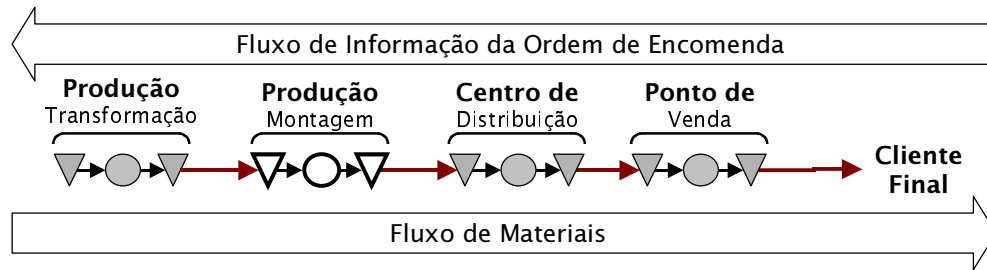


Figura 5 - Fluxo de Material e Fluxo de Informação

Adaptado de Mason-Jones, Rachel & Towill, Denis R. [10]

Em termos do fluxo de materiais o ponto de desacoplamento é um termo standard que nos dá o posicionamento em que o fluxo de material muda de “push” para “pull”[10]. É de todo considerado que o fluxo de dados de encomenda pode e deve ter um ponto de desacoplamento diferente e distinto. Este argumento tem origem na tentativa de levar o ponto de desacoplamento de informação o mais “upstream” possível no sentido de beneficiar o maior número possível de elementos da cadeia de fornecimento em obterem dados de comportamento de compra o menos distorcidos possíveis [10].

Num estudo e simulação efectuados [10], veio confirmar-se a expectativa que quanto mais “upstream” é colocado o ponto de desacoplamento de informação melhor é comportamento dinâmico da cadeia de fornecimento.

Na figura da página seguinte podemos observar a comparação do posicionamento do ponto de desacoplamento de material e informação.

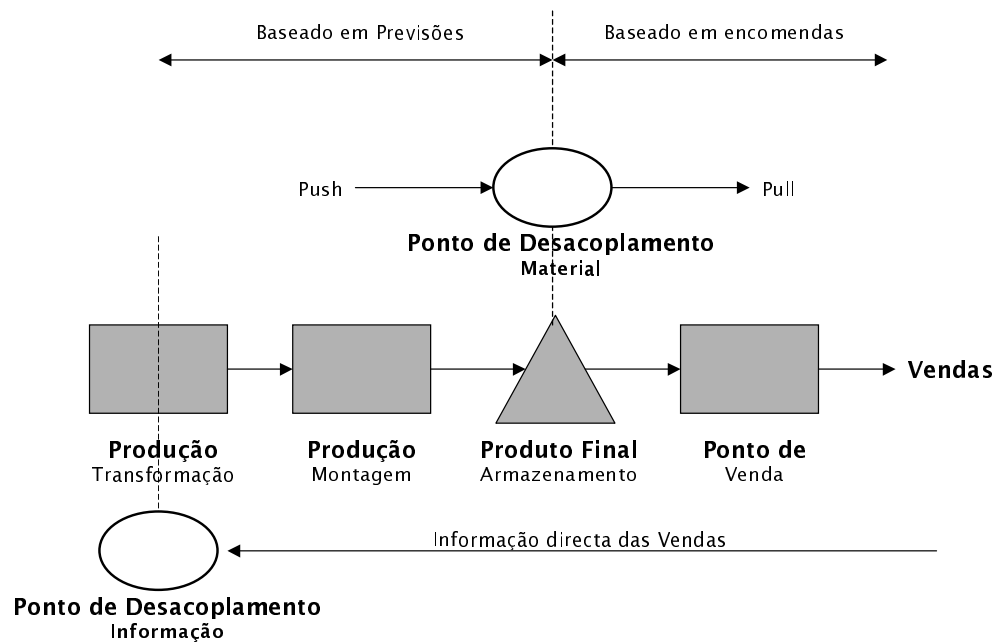


Figura 6 - Ponto de Desacoplamento de Material versus Informação

Adaptado de Mason-Jones, Rachel & Towill, Denis R. [10]

A estratégia de *postponement* é uma estratégia bastante útil para produtos com um ciclo de vida curto. O valor da estratégia de *postponement* cresce à medida que a incerteza de previsões de venda e a variação de produtos aumentam. Por outro lado, quando a procura das várias derivações do produto são semelhantes a estratégia de *postponement* é muito eficaz. Um eficiente emprego da estratégia de *postponement* reduz custos, melhora o serviço e reduz a variabilidade da prestação do serviço [11].

Inicialmente, o *postponement* foi considerado em termos logísticos, numa óptica de tempo (colocar o produto o mais perto possível do cliente de modo a antecipar o comportamento de compra e reduzindo o tempo de entrega) e numa óptica de localização (colocar o produto no armazém central de distribuição à espera das encomendas para a sua entrega a pontos de distribuição) [12].

A representação do “*postponement*” em termos logísticos está descrita na figura seguinte.

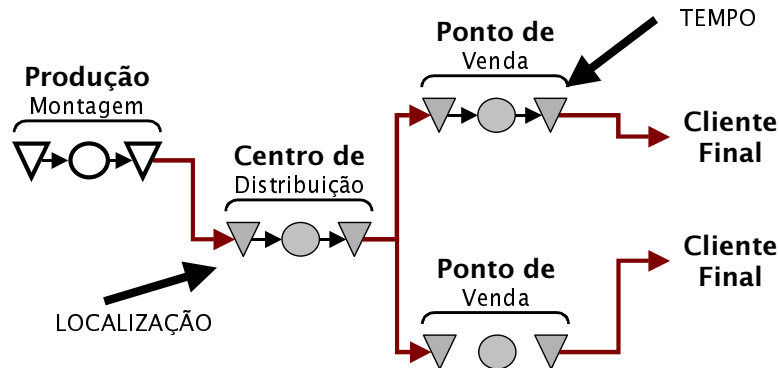


Figura 7 - Postponement em termos logísticos

Foi introduzido mais tarde o conceito de “*postponement*” em termos de produção. Este modo de actuação implica o “*postponement*” de actividades como: “*labeling*”; “*packaging*”; montagem; e transformação. Estas operações só são executadas no sentido de finalizar o produto em resposta a encomendas dos clientes. Esta noção de *postponement* vai além da óptica inicial da logística, tempo e localização, para incluir a personalização em termos de forma e função utilitária do produto [12].

A aplicação do “*postponement*” na cadeia de fornecimento está dependente das características operacionais da mesma. Outros factores que dependem da viabilidade e do tipo de *postponement* estão relacionados com a dispersão e alcance geográfico da cadeia de fornecimento e com a capacidade de mudança das organizações [12].

Na tabela seguinte podemos observar algumas das características relevantes para a prática de “*postponement*” [12].

Factor	Impacto no Postponement
<p>Características Tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Complexidade Limitada na operação final de produção Complexidade Limitada em termos tecnológicos na fase final de produção Modular 	<p>Perdas pequenas de custo via postponement e tempos de processamento curtos</p> <p>Tempos de processamento curtos</p> <p>Aumento de possibilidade de ajustar produtos ao mercado</p>
<p>Características de Processo</p> <p>Possibilidade de decompor em dois sistemas, primário e secundário, o sistema produtivo</p> <p>Aquisição de produtos e componentes de múltiplos fornecedores</p>	<p>Entrega directa de módulos</p>
<p>Características do Produto</p> <ul style="list-style-type: none"> Existência de módulos comuns Variedade do produto 	<p>Redução de inventário e risco de obsoletos</p> <p>Melhorar a personalização o mais possível</p>
<p>Características do Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> Pequenos e cumpridores tempos de entrega Ciclos de produto curtos 	<p>Melhorar os níveis de serviço</p> <p>Reduzir risco de obsoletos</p>

Tabela 2 – Características operacionais relevantes para o *postponement*

Adaptado de Hoek, R.I. van [12]

2.1.3 Desafios da Cadeia de Fornecimento

Três grandes desafios são esperados quando tentamos definir uma solução para a gestão da cadeia de fornecimento [13]:

- rápido e eficiente tratamento dos diferentes fluxos de materiais. Melhorar a diferenciação (diferentes pontos de conexão) e a velocidade (reduzir tempo) do fluxo de materiais.
- eficiente personalização ou customização (*“postponned”*) . A empresa necessita de saber de o que fazer com cada componente individual e operar de modo eficiente em processos de produção e distribuição de pequenas quantidades.
- controlo da produção e implementação de um sistema logístico sem falhas e flexível dentro de uma rede de vários actores da cadeia (partilha de informação).

Os problemas com o manuseamento dos fluxos de materiais, a personalização e a partilha de informação podem ser resolvidas com uma gestão da cadeia de fornecimento ao nível de item. A gestão ao nível do item só é possível se existir uma identificação de componente, em que possa ser reconhecido e informação sobre si possa ser lida e actualizada sem esforço ao longo da cadeia de fornecimento [13].

Os desafios da cadeia de fornecimento devem ser enquadrados em cada empresa do ponto de vista da sua localização na cadeia de fornecimento e de acordo com o seu processo de transformação. O processo de transformação de recursos em produtos e serviços de uma organização varia usando adaptações de uma das quatro estratégias de processo: foco no processo; repetitivo; foco no produto; e personalização em massa [1]. As quatro estratégias de processo são baseadas na variedade do produto/serviço criado e da quantidade transformada como descrito na figura abaixo.

Na figura seguinte podemos observar as quatro estratégias de processo.

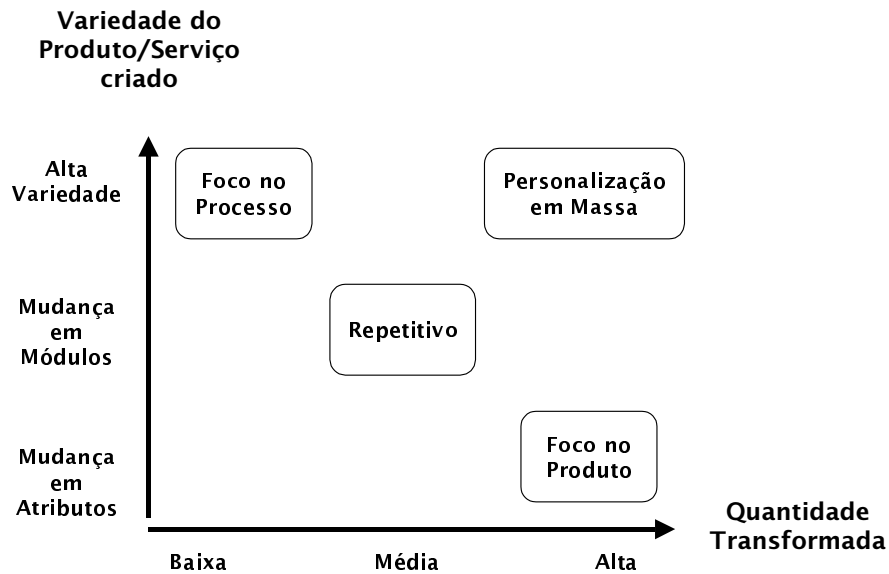


Figura 8 - Estratégias de Processo de Transformação

Adaptado de Heizer, Jay; Render, Barry [1]

Na estratégia de foco no processo as empresas organizam as suas estruturas centradas em processos para facilitar um baixo volume de produção mas uma grande variedade e capacidade na personalização do produto ou serviço [1]. Exemplos de empresas são as vocacionadas para projectos, restaurantes e hospitais. Encontramos muitos dados e produtos na entrada do processo para se obter uma grande variedade na sua saída.

Quando estamos perante uma estratégia de foco repetitivo a empresa tem um processo produtivo orientado para o produto com recurso a módulos. Os módulos são peças ou componentes preparados previamente [1]. Exemplos são as linhas montagem de automóveis, motos e frigoríficos. Temos a presença da perspectiva de que com poucos módulos podemos obter várias combinações possíveis para o produto ou serviços produzido.

Num contexto de estratégia focalizada no produto, a empresa tem a sua estrutura centrada no produto, onde pequena variedade de material usado no início do processo de transformação irá obter um produto com variação nas suas características [1]. Exemplos são a produção de cerveja, ferro e vidro.

Quando abordamos a personalização em massa devemos considerá-la como um desafio no sentido de obter um tempo de produção curto e um processo produtivo de baixo custo que satisfaça os desejos únicos de cada cliente. Pretende-se obter o baixo custo de uma estratégia focalizada no produto com a variedade de produtos obtida com a focalização no processo [1]. Na figura seguinte podemos observar-se a perspectiva de personalização em massa.

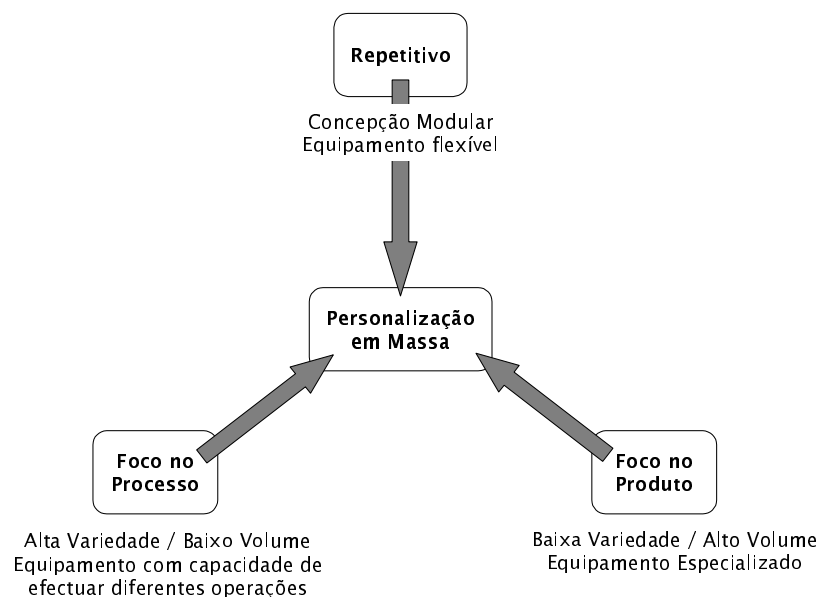


Figura 9 - Personalização em Massa

Adaptado de Heizer, Jay; Render, Barry [1]

2.2 Rastreabilidade

Ao definir a rastreabilidade, é importante distinguir os termos “*tracking*” e “*tracing*”. O “*tracking*” é a capacidade de seguir o trajecto do fluxo de determinado item e/ou lote desde a matéria prima até à unidade de consumo no seu percurso ao longo da cadeia de fornecimento [W14].

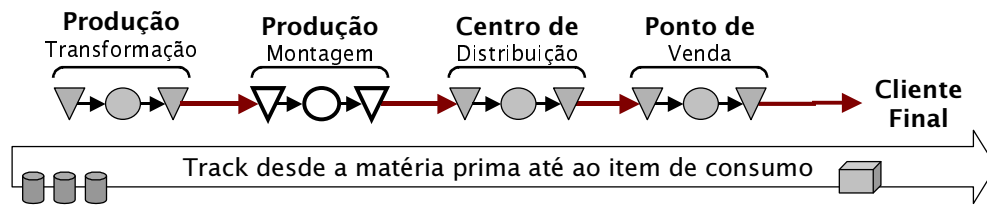


Figura 10 - Tracking na rastreabilidade

Adaptado de EAN.UCC [W14]

Enquanto que a função de “*tracing*” é ter a capacidade de identificar a origem de determinado item em qualquer ponto da cadeia pela referências e registos no seu percurso inverso até ao cliente final [W14].

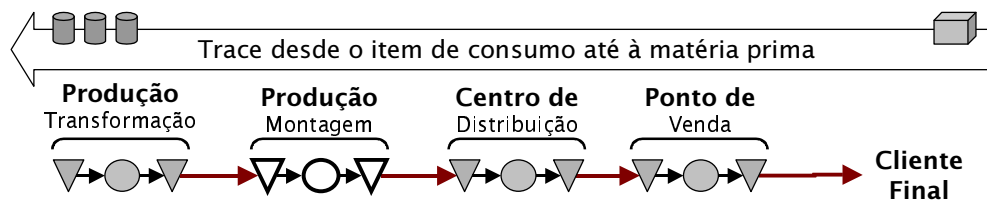


Figura 11 - Tracing na rastreabilidade

Adaptado de EAN.UCC [W14]

Quando abordamos a rastreabilidade devemos considerá-la em dois âmbitos [14]:

- Âmbito restrito

Possibilita-nos a visibilidade a qualquer momento de onde está o trabalho e a sua disposição e estado. Numa função activa de “*tracking*” é criado em tempo real um histórico de eventos via a relação e significado dos registos de identificação. Deste modo é-nos permitido a rastreabilidade de componentes e o seu uso em produtos finais.

O *tacking* de produto permite a rastreabilidade “*foward*” and “*downstream*”.

- Âmbito alargado

A aplicação deste âmbito permite a optimização e o controlo de processo na produção e entre elementos da cadeia de fornecimento. No entanto a sua aplicabilidade só é possível com o “*tracking*” em tempo real de lotes e o armazenamento das suas propriedades. Deste modo é acrescido ao âmbito restrito a gestão e controlo de lotes nas sucessivas etapas do processo produtivo.

Independentemente do âmbito da rastreabilidade podemos ter diferentes perspectivas na sua aplicação [14]:

- Perspectiva interna
 - A empresa usa a rastreabilidade no domínio dos requisitos das suas actividades internas.
- Perspectiva interna com múltiplas localizações.
 - Além da perspectiva interna é necessário ter em consideração as actividades e fluxos de material e informação entre as várias localizações.

- Perspectiva da cadeia de fornecimento
 - Desta perspectiva é vista como uma acção integradora na gestão de planeamento e controlo dos materiais desde os fornecedores até ao utilizador final. Os requisitos são considerados “*Business-to-business*” se o cliente é industrial ou “*Business-to-consumer*” no caso de ser cliente final. Devido à presença de empresas e actores independentes na cadeia de fornecimento é necessário que trabalhem conjuntamente para definirem os requisitos de rastreabilidade.
- Perspectiva de ambiente externo
 - Os requisitos nesta perspectiva são impostos por entidades externas como o governo e associações e são denominados “*business-to-administration*”.

Para uma correcta gestão do fluxo interno ou externo de materiais numa organização é necessário um acesso directo ao sistema de informação da mesma [3].

De realçar que para se obter uma rastreabilidade adequada na cadeia de fornecimento requer que esteja acessível toda a informação necessária para a sua gestão efectiva e eficiente. A integração entre os elos da cadeia de fornecimento é dividida em três camadas: física; de informação; e controlo [14].

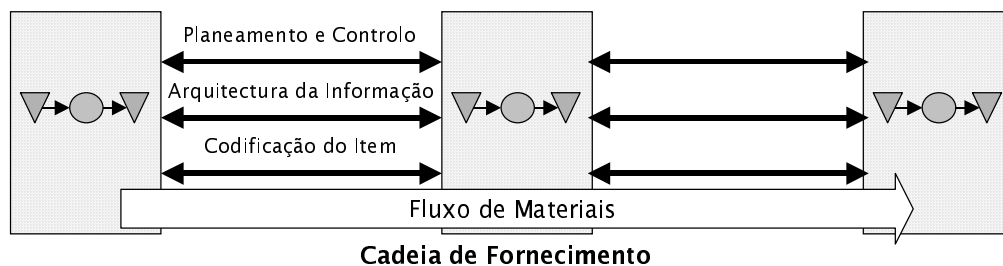


Figura 12 – Camadas das funções de Tracking e Tracing

Adaptado de Dorp, Kees-Jan van [14]

Ao aplicar a rastreabilidade na cadeia de fornecimento devemos considerar os seguintes conceitos de desenvolvimento enquadrados nas camadas de integração [14].

Camadas da Cadeia de Fornecimento	Codificação do Item	Arquitectura da Informação	Planeamento e Controlo
Conceitos de Desenvolvimento	Identificação do Produto	Desacoplamento de Informação	Produção baseada em Lote
	Codificação do Produto	Certificação	Optimização de formula de Processo

Tabela 3 - Conceito de Desenvolvimento de Tracking e Tracing

Adaptado de Dorp, Kees-Jan van [14]

2.2.1 Identificação do Produto

Para uma gestão ao nível do item na cadeia de fornecimento é indispensável a capacidade de identificação ao mesmo nível. Esta gestão só é possível se cada produto ou componente tiver a sua própria identidade. Deste modo, o produto ou componente poderá ser identificado e reconhecido e a informação a seu respeito poderá ser obtida e actualizada em toda a cadeia de fornecimento [13].

Muitas da vezes o item é agrupado e identificado dentro de um grupo, como o caso de ser identificado por “*batch*” ou lote (vários itens tiveram sujeitos ao mesmo processo produtivo) ou por unidades logísticas (estão a ser transportados nas mesmas condições). Cada vez que a unidade mais reduzida de identificação (item, lote/*batch* e unidade logística) sofre uma transformação ou é processada deve ser atribuído um novo identificador. Isto pode envolver “*batches*” de matéria-prima, embalagem e unidades de comercialização e logísticas [W14].

Quando estamos a lidar com “*batches*”/lotes, atribuídos por diferentes etapas produtivas, devemos considerar o uso de identificação relativo à árvore de “*batches*” (“*bill of batches*”) de modo a se poder efectuar o “*tracking*” e “*tracing*” da específica composição do item produzido [14].

Na figura abaixo poderemos observar alguns exemplos de aplicabilidade de identificação num sistema de rastreabilidade.

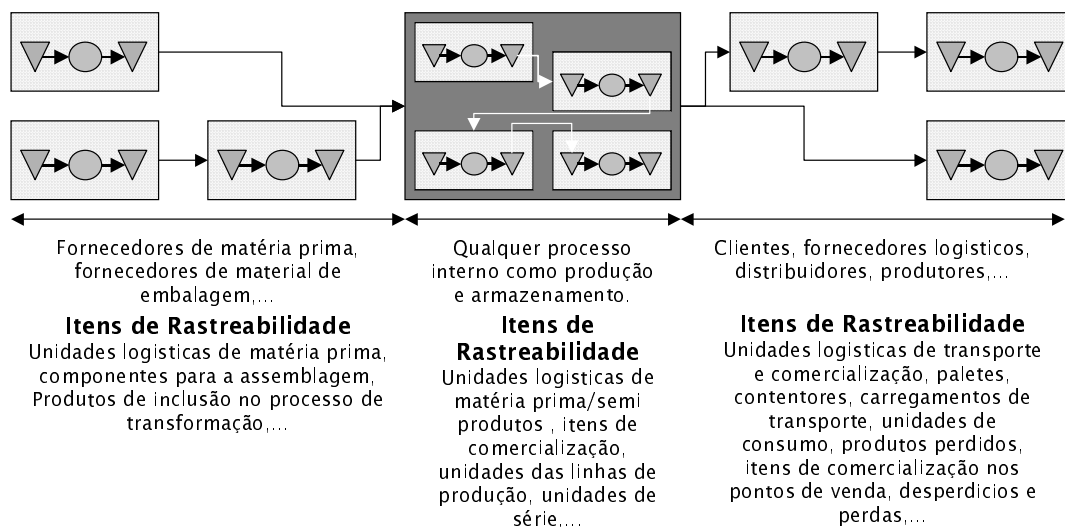


Figura 13 - Identificação num sistema de Rastreabilidade

Adaptado de EAN.UCC [W14]

Ao abordar os itens de rastreabilidade e tendo em consideração o anteriormente descrito, podemos definir os seguintes grupos:

- Unidade logística de Matéria-Prima
- Componentes para a produção
- Item
 - Produto individual

- “*Carrier*”/“*Lote*”/“*Batch*”
 - No caso do “*Carrier*” é uma estrutura que transporta o ou os itens
 - O “*Lote*”/“*Batch*” significa uma quantidade de produto que está sujeito às mesmas condições de processo. Pode igualmente significar um pequeno conjunto de itens que são tratados em simultâneo.
- Unidade Logística de Transacção
 - Neste caso estamos a falar de unidades logísticas como caixa (“*case*”) ou palete.
- Unidade Logística de Retorno
 - Tal com o “*Carrier*”, é uma estrutura que transporta o ou os itens em termos logísticos que retorna ao ponto de partida.

2.2.2 Codificação do Produto

A partir do momento que os materiais, produtos e componentes estão sobre controlo em termos de identificação, esta poderá ser introduzida na codificação do produto. Com esta introdução e o manuseamento automático de materiais torna-se possível aumentar a eficiência da rastreabilidade do fluxo físico na cadeia de fornecimento [14]. A eficiência poderá ter reflexos nas áreas exemplificativas de: armazenamento; selecção de itens; escolha e distribuição de produtos; e rastreabilidade do fluxo dos materiais interno. As tecnologias disponíveis para a identificação automática e recolha de dados são referenciadas por AIDC (“*Automatic Identification and Data Capture*”) [W2]. Nesta tese iremos abordar a tecnologia RFID (Identificação por rádio frequência).

2.2.3 Ponto de Desacoplamento de Informação

A rastreabilidade é um conceito cuja aplicabilidade extravasa as fronteiras de uma organização. O problema quando envolve mais que uma organização ou departamentos é capacidade de integração de informação. Por um lado necessitamos de ter capacidade

de obter toda a informação para a rastreabilidade ao longo da cadeia de fornecimento, mas não podemos causar um excesso e consequente bloqueio de informação [14].

Para solucionar o excesso de informação e manter a capacidade de rastreabilidade surge a noção de ponto de desacoplamento de informação identificativa de produto, material ou componente. Este ponto é situado na cadeia de fornecimento de modo agregar informação das propriedades do produto numa identificação única para o elemento seguinte da cadeia. Dependendo das características do produto e da cadeia de fornecimento, o produto pode ter necessidade de passar ao longo de vários pontos de desacoplamento. A cadeia de fornecimento deverá ter a noção e o conhecimento da árvore de desacoplamento “*biil of de-coupling*” de modo a estar apta para o “*tracking*” e “*tracing*” total [14].

2.2.4 Certificação

Devido a exigências de organizações da qualidade, níveis de serviço e qualidade acordado entre empresas ou a procedimentos de uma determinada indústria, os sistemas de informação e os responsáveis pelos procedimentos de funcionamento dos pontos de desacoplamento devem funcionar de acordo com os padrões acordados em termos de qualidade de informação [14].

2.2.5 Produção baseada em Lote

Os produtores devem ter em devida atenção a qualidade dos lotes a si fornecidos. Dependendo no que são usados, a sua qualidade tem implicações nos processos seguintes. De igual modo, ao fornecer determinado lote de material, é de todo o interesse que tenham em consideração que a sua qualidade e variabilidade de propriedades poderá ter impacto na fórmula de processo do seu cliente. A troca de informação das propriedades dos lotes entre entidades potencia uma garantia de melhorar a capacidade de “*tracking*” e “*tracing*” [14].

2.2.6 Optimização de Formula de Processo

A optimização de fórmula de processo visa prevenir as não desejáveis variações das propriedades do produto. Todos os ingredientes da fórmula devem ter em consideração a uniformização de procedimentos e controlo de lotes. Assim poderá ser feito um bom “*tracking*” e “*tracing*” dos produtos [14].

2.3 Identificação Automática e Recolha de Dados

“*Automatic Identification and Data Capture*” (AIDC) é o termo usado na indústria para descrever a identificação com recolha directa ou não de dados para um dispositivo de controlo com microprocessador, com um computador pessoal ou autómato industrial sem o uso de teclado. Os grandes objectivos das tecnologias de Identificação Automática e Recolha de Dados são principalmente a eliminação de erros associados ao processo de identificação e a recolha de dados e o aumento da velocidade de processo [W2]. Na figura abaixo podemos ver assinaladas as tecnologias de Identificação Automática e Recolha de Dados mais importantes.

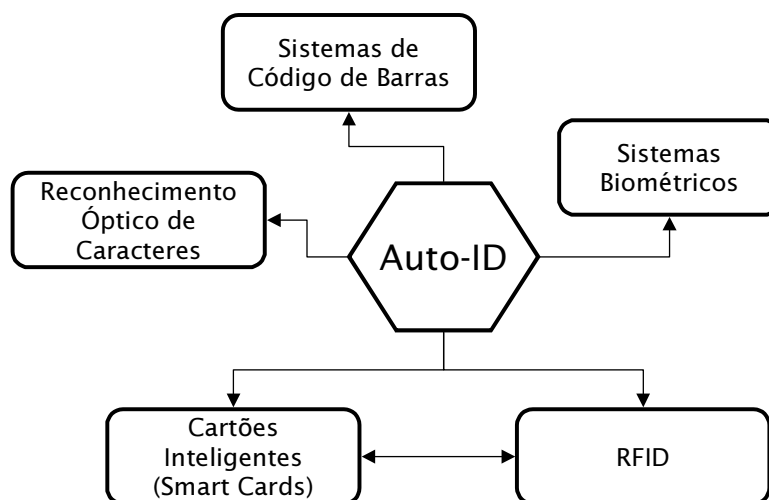


Figura 14 - Tecnologias AIDC

2.3.1 RFID

Um sistema de RFID (Identificação por Rádio Frequência) é composto pelos seguintes componentes [15]:

- “*Transponder*”
 - Dispositivo que leva dados normalmente constituído por um elemento de acoplamento e um microprocessador electrónico.
 - Está localizado no objecto que pretendemos identificar
- Interrogador.
 - Composto por um módulo de rádio frequência (transmissor e receptor), uma unidade de controlo e um elemento de acoplamento com o “*transponder*”.
 - O interrogador costuma possuir uma ligação adicional para poder interagir com outro sistema (computador pessoal ou autónomo).

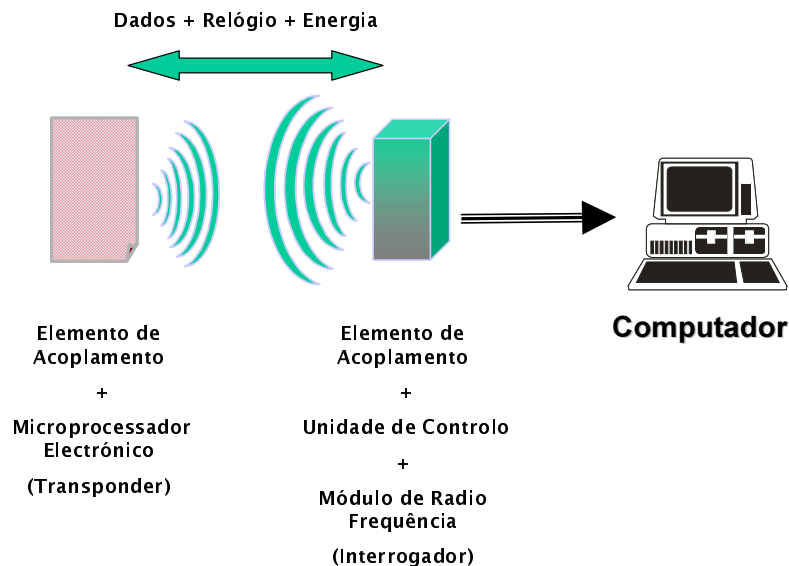


Figura 15 - Sistema de Rádio Frequência

Adaptado de Finkenzeller, Klaus [15]

Para diferenciar os vários sistemas de RFID iremos considerar as características mais importantes.

2.3.1.1 Quantidade de Dados

Há dois tipos de “*transponders*” no que diz respeito à sua capacidade de guardar dados. Um engloba os que tem capacidade para mais de 1 “*bit*” e os outros que somente tem capacidade para 1 “*bit*”. Estes são usados para aplicações de vigilância electrónica de artigos (EAS – “*electronic article surveillance*”) no sentido de proteger bens em lojas e edifícios. [15]

2.3.1.2 Alimentação

Uma característica importante dos “*transponders*” é o fornecimento de alimentação para o seu funcionamento. Os denominados passivos não possuem nenhuma fonte de alimentação própria, ela é obtida através do campo eléctrico ou magnético criado pelo leitor. Os activos possuem uma bateria de modo a fornecer energia para a sua operacionalidade. [15]

2.3.1.3 Distância de Operação e Acoplamento

Um sistema de RFID pode estar posicionado em diferentes gamas de distância em termos de operação [15] :

- Acoplamento Apertado
 - Distância de operação entre os 0 até 1 cm.
 - Usado em áreas de necessidade de segurança, o “*transponder*” só é activado na presença de ondas electromagnéticas.
- Acoplamento Remoto
 - Sistema de Leitura e escrita com distâncias até 1 m
 - Sistema baseado em Acoplamento magnético indutivo. Cerca de 90% dos sistemas RFID são usados com este tipo de sistema.

- Dentro deste modo de funcionamento, existem dois tipos de acoplamento indutivo
 - Até 15 cm – Acoplamento de proximidade – ISO 14443
 - Até 1 m – Acoplamento “*Vicinity*” – ISO 15693
- Acoplamento de grande distância
 - Distância de Operação de 1 m até 10 m.
 - Usam ondas electromagnéticas na gama das micro ondas.

2.3.1.4 Funcionalidade do Sistema

Outro dos aspectos do sistema de RFID é da capacidade funcional de leitura, escrita, encriptação e anti-colisão. Deste modo devemos considerar os seguintes três tipos de funcionalidade de um sistema RFID [15]:

- somente de leitura
 - Esta funcionalidade significa que o interrogador só tem a capacidade de ler os dados residentes no “*transponder*”. Normalmente a data residente é um número de séries único.
- leitura e escrita
 - Nesta variante o interrogador tem a capacidade de ler e escrever no “*transponder*”. Nalguns casos pode apagar e gravar informação, noutros tem a possibilidade de adicionar dados aos existentes.
- leitura e escrita com capacidade de Encriptação
 - Adicionalmente à capacidade de escrita e leitura, existe um mecanismo de encriptação de dados por questões de segurança. Normalmente usado em cartões de pagamento.
- leitura e escrita com anti-colisão
 - Ao possuir a capacidade de anti-colisão, o sistema tem a capacidade ler vários “*transponder*” que estejam sobre o mesmo campo magnético.

2.3.1.5 Frequência de Operação

Na tabela seguinte podemos ver as frequências em RFID.

Frequência	Comentários	Permitida Potência de Transmissão e força do campo
< 135 kHz	Frequências BAIXAS, Acoplamento Indutivo	72 dBμA/m
6.765 .. 6.795 MHz	Frequências MÉDIAS (ISM), Acoplamento Indutivo	42 dBμA/m
7.400 .. 8.800 MHz	Frequências MÉDIAS, Usado somente para EAS (electronic article surveillance)	9 dBμA/m
13.553 .. 13.567 MHz	Frequências MÉDIAS (13.56 MHz, ISM), Acoplamento Indutivo, Muito usado para contactless smartcards (ISO 14443, MIFARE, LEGIC, ...), smartlabels (ISO 15693, Tag-It, I-Code, ...) e item management (ISO 18000-3).	42 dBμA/m
26.957 .. 27.283 MHz	Frequências MÉDIAS (ISM), Acoplamento Indutivo, somente para aplicações especiais	42 dBμA/m
433 MHz	UHF (ISM), Acoplamento backscatter, raramente usado para RFID	10 .. 100 mW
868 .. 870 MHz	UHF (SRD), Acoplamento backscatter, NOVO sistema de Frequência em desenvolvimento	500 mW, Europa
902 .. 928 MHz	UHF (SRD), Acoplamento backscatter, Muitos sistemas	4 W - spread spectrum, EUA/Canada
2.400 .. 2.483 GHz	SHF (ISM), Acoplamento backscatter coupling, Muitos sistemas, (identificação de veículos: 2.446 .. 2.454 GHz)	4 W - spread spectrum, EUA/Canada, 500 mW, Europa
5.725 .. 5.875 GHz	SHF (ISM), Acoplamento backscatter, raramente usado para RFID	4 W EUA/Canada, 500 mW Europa

Tabela 4 - Frequências em RFID

Adaptado de Finkenzeller, Klaus [15]

2.3.1.6 Formatos de um transponder

Os elementos do “*transponder*” podem estar inserido em vários materiais como o plástico, vidro, material cerâmico e papel de modo a potenciar o seu uso no meio mais conveniente. Alguns exemplos são referenciados de seguida [15]:

- cartão plástico de identificação
- porta-chaves
- etiqueta autocolante
- peça cerâmica para estar sujeita a líquidos e altas temperaturas
- peça com revestimento especial para ser colocada em metal

2.3.2 Standards Tecnológicos

De seguida iremos abordar os standards tecnológicos mais relevantes.

2.3.2.1 ISO 15693

Hoje em dia, todos os fabricantes de equipamento RFID estão seriamente comprometidos com a tecnologia adoptada especificada pela ISO 15693 ISO (*International Organisation for Standardization*) e IEC (*the International Electrotechnical Commission*). Originalmente era intenção só especificar para cartões de proximidade, mas mal a sua introdução se iniciou fornecedores como a Texas Instruments e Philips Semiconductors adoptaram para a sua gama de produtos [W11].

A especificação ISO 15693 é dividida em três secções: (-1) descreve as características físicas; (-2) descreve o sinal de comunicação; e (-3) descreve o protocolo de transmissão.

Agora que o standard ISO15693 foi adoptado na tecnologia RFID, a sua aplicação pode ajudar a ultrapassar as preocupações ao nível de uso de frequências e protocolos proprietários em aplicações críticas da gestão cadeia de fornecimento.

2.3.2.2 ISO/IEC 18000 - RFID for Item Management

Podemos observar na tabela seguinte os vários componentes do standard.

Descrição	Projecto
Information Technology – AIDC Techniques - RFID for Item Management - Application Requirements Profiles	ISO/IEC 18001
Information Technology AIDC Techniques - RFID for Item Management - Air InterfacePart 1 – Generic Parameters for Air Interface Communication for Globally Accepted Frequencies Part 2 – Parameters for Air Interface Communications below 135 KHz Part 3 – Parameters for Air Interface Communications at 13.56 MHz Part 4 – Parameters for Air Interface Communications at 2.45 GHz Part 5 – Parameters for Air Interface Communications at 5.8 GHz Part 6 - Parameters for Air Interface Communications at 860-930 MHz	ISO/IEC 18000
Information Technology AIDC Techniques-RFID for Item Management – Data Syntax	ISO/IEC 15962
Information Technology AIDC Techniques-RFID for Item Management – Unique Identification for RF Tag	ISO/IEC 15963
Information Technology AIDC Techniques-RFID for Item Management – Host Interrogator - Tag functional commands and other syntax features	ISO/IEC 15961

Tabela 5 - Componentes do ISO18000

Adaptado de AIM [W4]

O Grupo de Trabalho ISO/IECJTC1/SC31 – “*Working Group 4 on RFID for Item Management*” [W4] é composto por elementos das organizações “*International Organization for Standardization (ISO)*” e “*International Electrotechnical Commission (IEC)*” e é gerido pela organização “*Uniform Code Council (UCC)*”.

O Objectivo do grupo é criar um standard para a interoperabilidade de dispositivos RFID em “*wireless*” (comunicação sem fios) e sem contacto omnidirecionais com capacidade de receber, guardar e enviar dados em modo de operação com níveis de potência adequada às bandas de frequência internacionais.

A área de aplicabilidade é a gestão e identificação de itens ao longo da cadeia de fornecimento. As áreas de actuação podem englobar produtos finais, matéria-prima e componentes. Tendo como objectivos a rastreabilidade de material, controlo de inventário, dados de garantia e controlo de produção.

Outro dos propósitos do trabalho do grupo é a não duplicação de esforços e coexistência com os organismos internacionais de standards.

2.3.3 Standards Aplicacionais

Ao nível aplicacional, existem os seguintes standards com mais relevância prática.

2.3.3.1 AIAG – Automotive Industry Action Group

A organização “*AIAG – Automotive Industry Action Group*” [W3] criou o standard “*B-11 Tire & Wheel Label and Radio Frequency Identification (RFID) Standard*”. A versão 04.00 foi aprovada em Outubro de 2002.

Esta especificação providencia a metodologia de aplicação no uso da simbologia 2D para etiquetas e RFID no sentido de identificação de produto para pneus e rodas. Este standard está concebido para ajudar a automação de recolha de informação dos pneus e na ajuda do processo de montagem de pneus e rodas em veículos. A presente especificação providencia informação relativa ao fabricante, tamanho do pneu, tipo e informação adicional de acordo com o fornecedor.

2.3.3.2 ANSI MH10.8.4:2001 - RFID for Reusable Containers

A associação American National Standard for Material Handling definiu o standard ANSI MH 10/SC 8 para o uso de Radio Frequency Identification (RFID) em bens retornáveis. Este standard tem com objectivo compatibilizar e encorajar a interoperabilidade de produtos RFID. O standard define um simples *Application Programming Interface* (API) que é partilhado por todos os interessados em fornecer uma plataforma aplicacional comum. O standard suporta a sintaxe e semântica de dados numa perspectiva internacional com a correspondente especificação da propagação de frequência de comunicação.

2.3.3.3 Electronic Product Code e Global Tag

Fundada em 1999 com a participação de 100 companhias globais e cinco centros universitários de pesquisa como o “*Massachusetts Institute of Technology*” e “*University of Cambridge*“, a organização “*Auto-id Center*” vocacionado para o segmento dos produtos de consumo surgiu com a proposta para a criação de um standard para a criação da denominada rede “*Internet of things*”. Esta rede será uma infra-estrutura global sobre a Internet que tornará possível a um computador identificar de modo instantâneo qualquer objecto em qualquer lugar do mundo. [W12]. De salientar que o “*Electronic Product Code*” está a ser suportado pelas organizações “*European*

Article Numbering International (EAN)” e “*Uniform Code Council, Inc. (UCC)*” [W15].

Os blocos de viabilidade e suporte à referida rede estão a ser definidos pela organização “*Auto-id Center*” e são os seguintes:

- “*tag*” ou “*transponders*” de Rádio Frequência
 - Uso da tecnologia RFID
- “*electronic Product Code (ePC)*”
 - Esquema numérico que providencia uma identificação única aos objectos físicos. O Código por si gerado é um apontador para uma localização onde está armazenada toda a informação relacionada com o objecto.
- antenas RFID
- “*object name service (ONS)*”
 - Protocolo para localizar onde está armazenada a informação relacionada com o objecto que tem um determinado ePC.
- “*object description language (ODL)*”
 - Linguagem Standard para tratamento de informação no acto da transferência de dados.

No estudo efectuado pela IBM junto dos participantes do Fórum ePC de 2002 junto de produtores e retalhistas, obtiveram os resultados descritos na tabela abaixo em termos de previsão de adopção do ePC nos diferentes níveis de unidades logísticas [W13].

	Today	2003	2004	2005	2006	2007	Never
Apparel			Pallet	Item, Case			
Grocery			Pallet	Case		Item	
Consumer Electronics		Pallet	Case, Item	Item			
HPC		Pallet	Case	Item			
Media			Pallet				
Pharma		Pallet	Item, Case				
Toys		Pallet	Item, Case				

Tabela 6 - Previsão de Adopção do ePC

Adaptado de Holmstrom, Jan & Karkkainen [W13]

No referido estudo [W13] foi detectado que as aplicações da utilização do ePC deverão ter as seguintes prioridades para os retalhistas e produtores:

- Prioridades dos Retalhistas
 - Gestão de Inventário
 - Rupturas de stock
 - Roubo
 - Gestão de Armazéns
 - Pagamento na leitura
 - Rastreabilidade
- Prioridades dos Produtores
 - Gestão de Inventário
 - Gestão de Armazéns
 - Ruptura de Stocks
 - Gestão Logística e Transporte
 - Rastreabilidade

Destas prioridades, realça-se que a rastreabilidade (“*Track & Tracing*”) não aparece nas primeiras três quando falamos na aplicabilidade do “*Electronic Product Code*”.

2.3.4 Mercado

Segundo o estudo do “*Interaction Design Institute Ivrea*” [W5] englobado no projecto “*Harnessing Technology Project*”, os principais actores tecnológicos do mercado são *Texas Instruments*, *Phillips Semiconductors*, *Intermec*, *Gemplus (Tagsys)*, and *Hitachi*. A este conjunto de empresas devemos acrescentar a *Siemens*.

Não poderemos deixar de contar com as empresas que usam a tecnologia dos principais actores referidos, e desenvolvem os seus produtos de acordo com o mercado que actuam.

Estas empresas geralmente usam os chips desenvolvidos pelos fabricantes e incorporam-nos nos seus “tags” e concebem antenas próprias para os mesmos.

Segundo um estudo da “ABI Research” [W6] o mercado de RFID vai crescer para valores de \$3,1 bilhões de Dólares até 2008 como poderemos observar na figura abaixo.

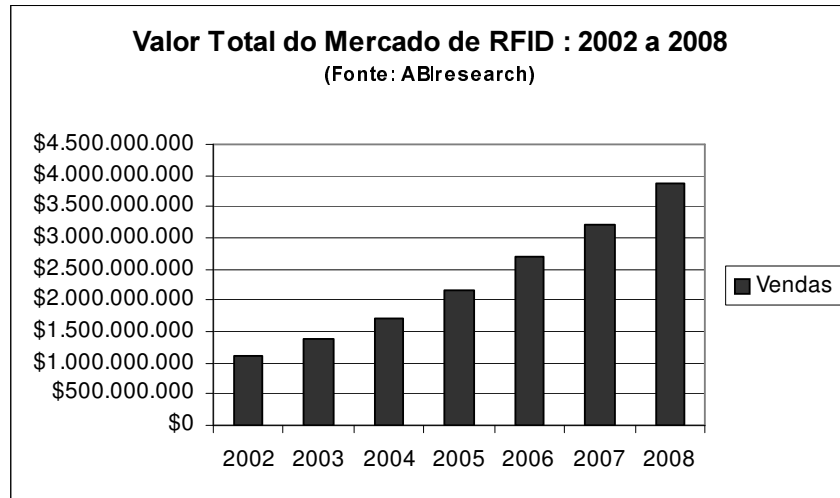


Figura 16 - Valor Total do Mercado de RFID

Adaptado de ABI Research [W6]

Segundo o mesmo estudo da “ABI Research” [W6] o valor do mercado para aplicações da gestão da cadeia de fornecimento e bens deve crescer de 20% a 48%.

Estes valores apresentados pela “ABI Research” vem de encontro ao apresentado num documento sobre RFID em que perspectivam um crescimento elevado associado a uma importância maior do segmento de aplicação de RFID na gestão da cadeia de fornecimento [W8].

Na imagem seguinte poderemos observar a contribuição da área da gestão da cadeia de fornecimento nas estimativas em termos de vendas de produtos RFID.

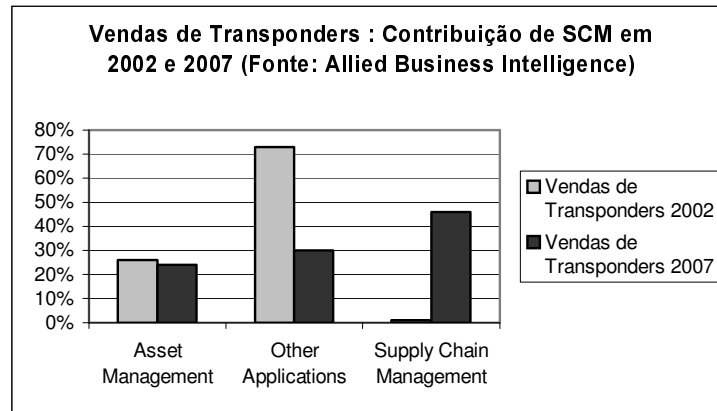


Figura 17 - A gestão da cadeia de fornecimento no mercado de RFID

Adaptado de ABI Research [W6]

Segundo a opinião da empresa “*Venture Development Corporation*” [W9] os segmentos de aplicação de RFID com grande impacto e crescimento futuro são:

- manuseamento de bagagens. Neste mercado já estão a ser efectuados testes e implementações pilotos principalmente em aeroportos.
- aluguer de vídeos e uniformes e Lavandarias são segmentos onde se espera um crescimento e onde a tecnologia RFID já provou benefícios.
- em aplicações dos Pontos de Venda espera-se que o seu crescimento seja muito grande em todas as regiões do globo assim que os custos de equipamento RFID desçam e os produtos ao nível do item venham com um “*tag*”.
- na área de sistemas de localização em tempo real (“*RTLS – Real-time locations systems*”) espera-se um bom crescimento para a áreas de rastreabilidade de pessoas, processos de produção, gestão da cadeia de fornecimento, gestão de parques de estacionamento de material.
- O crescimento maior e de maior duração será na área da gestão da cadeia de fornecimento para suportar aplicações de rastreabilidade de estado do trabalho, produtos, itens, transportadores de material, paletes, etc.

A rápida expansão do mercado de RFID tem sido limitada pela falta de standards aplicacionais e das várias indústrias [W9]. Embora existam estes factores impeditivos, associados a preço e preocupação de retorno de investimento, tem crescido a adopção da tecnologia de RFID por parte das empresas.

Como poderemos observar na figura abaixo, o uso de RFID tem sido dominado pela indústria automóvel segundo a opinião da “*ABI Research*” [W7].

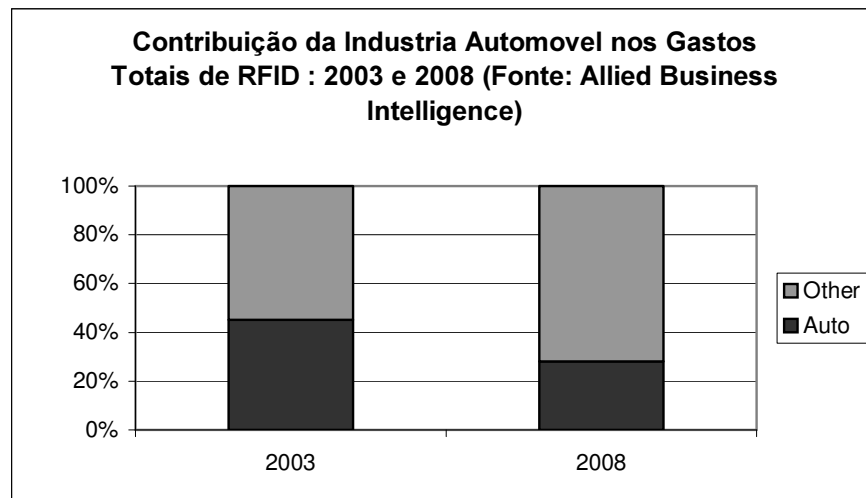


Figura 18 - A industria Automóvel no mercado de RFID

Adaptado de ABI Research [W7]

Numa perspectiva dos produtos de grande consumo na área da grande distribuição e retalho, realçamos que a empresa “*WallMart*” instruiu os seus 100 maiores fornecedores para adoptarem o ePC no início de 2005 [W16]

3- Modelos, Processos e Tecnologias para a Rastreabilidade

3.1 -Introdução

Ao se tentar abordar a rastreabilidade de componentes dentro do âmbito da gestão da cadeia de fornecimento, temos de ter presente os três grandes desafios [13] de:

- rápido e eficiente tratamento dos diferentes fluxos de materiais. Melhorar a diferenciação (diferentes pontos de conexão) e a velocidade (reduzir tempo) do fluxo de materiais.
- eficiente personalização ou customização (“*postponned*”) . A empresa necessita de saber de o que fazer com cada componente individual e operar de modo eficiente em processos de produção e distribuição de pequenas quantidades.
- controlo da produção e implementação de um sistema logístico sem falhas e flexível dentro de uma rede de vários actores da cadeia (partilha de informação).

Um exemplo da aplicabilidade de um sistema de identificação automática e recolha de dados é a implementação de um sistema operacional no centro de distribuição [16] no sentido de se efectuar o registo de todos os acontecimentos à medida que se desenrolam, permitindo o controlo dos tempos de execução de tarefas, bem com disponibilizar uma visão permanente da operação em curso e a eliminação de tempos de espera. É um caso em que uma empresa que produz produtos lácteos necessitou de implementar um sistema de rastreabilidade focalizado no seu processo de armazenagem no sentido de responder adequadamente e ter registado todo o fluxo físico na sua actividade de distribuição dos seus produtos aos seus clientes.

Outro caso descrito em [16] é referente a uma fábrica de gelados que tem produtos para segmentos diferentes de consumidores. Estes segmentos de consumidores provocam diferentes abordagens na colocação do produto em diferentes meios e locais de venda. Deste modo tem a necessidade de efectuar um excelente controlo da produção e implementar um sistema logístico sem falhas e flexível. Para tal, e enquadrado nos

clientes de grandes superfícies recorrem a um “*third party logistics provider*” (3PL) no sentido de gerirem todo o fluxo físico dos seus produtos. Esta gestão só é possível com a implementação de um sistema de rastreabilidade onde é necessária a correcta identificação de cada unidade logística no sentido de se registarem todos os seus movimentos, bem como saber por onde passou desde que saiu da produção. A partilha de informação com todos os actores da cadeia é essencial para o sucesso do sistema.

O factor de customização (“*postponment*”) é evidente no caso de uma empresa de roupa [16] que para diminuir os seus tempos de entrega dos produtos face ao bom desempenho dos seus concorrentes, teve de adoptar a política de implementação de armazéns internacionais intermédios para acabamentos. A par desta acção teve a necessidade de implementar um sistema de rastreabilidade no sentido de permitir o controlo e registo de dados no percurso interno dos seus artigos.

Estes exemplos levam-nos em consideração que a implementação de um sistema de rastreabilidade deve estar associada a um modelo, processos e ferramentas de acordo com os desafios que se deparam à sua cadeia de fornecimento.

3.2 – Modelo para a rastreabilidade de componentes na cadeia de fornecimento

Para a aplicação de um modelo de rastreabilidade numa empresa devemos ter em consideração a perspectiva da cadeia de fornecimento ao nível da sua actividade, os seus processos de transformação e o tipo de produto em questão. Após a perspectiva da cadeia de fornecimento presente temos a capacidade de saber definir onde e como aplicar o modelo numa perspectiva de rastreabilidade em termos do seu âmbito, tipo de perspectiva, qual o item de rastreabilidade e o foco da rastreabilidade. De seguida serão abordadas as duas perspectivas referidas.

3.2.1 - Perspectiva da Cadeia de fornecimento

Numa perspectiva da cadeia de fornecimento é importante saber qual o papel que a empresa tem na cadeia de fornecimento. No caso de ser uma empresa cuja actividade seja a produção o seu tipo de processo tem implicações ao nível do modo como aplicar o modelo de rastreabilidade, bem como o tipo de produto envolvido.

3.2.1.1 Tipo de Actividade

Quanto ao tipo de actividade, a empresa deve compreender o seu papel no contexto da cadeia de fornecimento quer seja na área da produção, armazenagem, transporte ou ponto de venda como ilustra a figura abaixo.

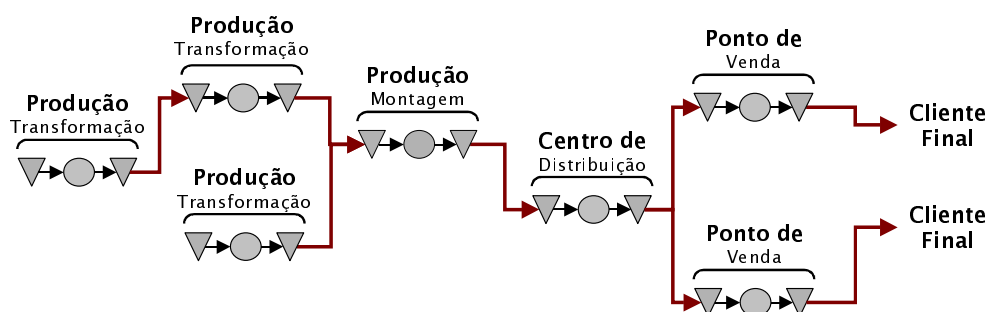


Figura 19- Tipo de Actividade na Cadeia de Fornecimento

Associado ao seu papel é importante compreender como se comporta o fluxo de material e de informação na cadeia de fornecimento onde está envolvido. Na imagem seguinte está reflectido o fluxo de material e fluxo de informação da ordem de encomenda.

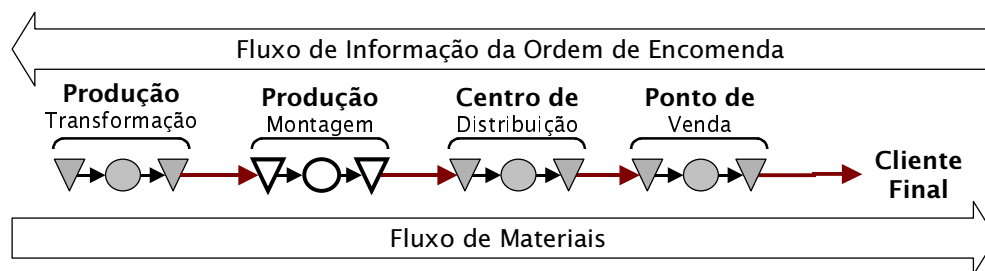


Figura 20 - Fluxo de Material e Fluxo de Informação

Adaptado de Mason-Jones, Rachel 6 Towill, denis R. [10]

Ao tentar compreender os dois fluxos é importante saber quais são os seus pontos de desacoplamento. De realçar que os dois pontos podem e devem ser diferentes e distintos no sentido de se obter o melhor desempenho possível da cadeia de fornecimento. Na figura abaixo podemos observar a comparação do posicionamento do ponto de desacoplamento de material e informação.

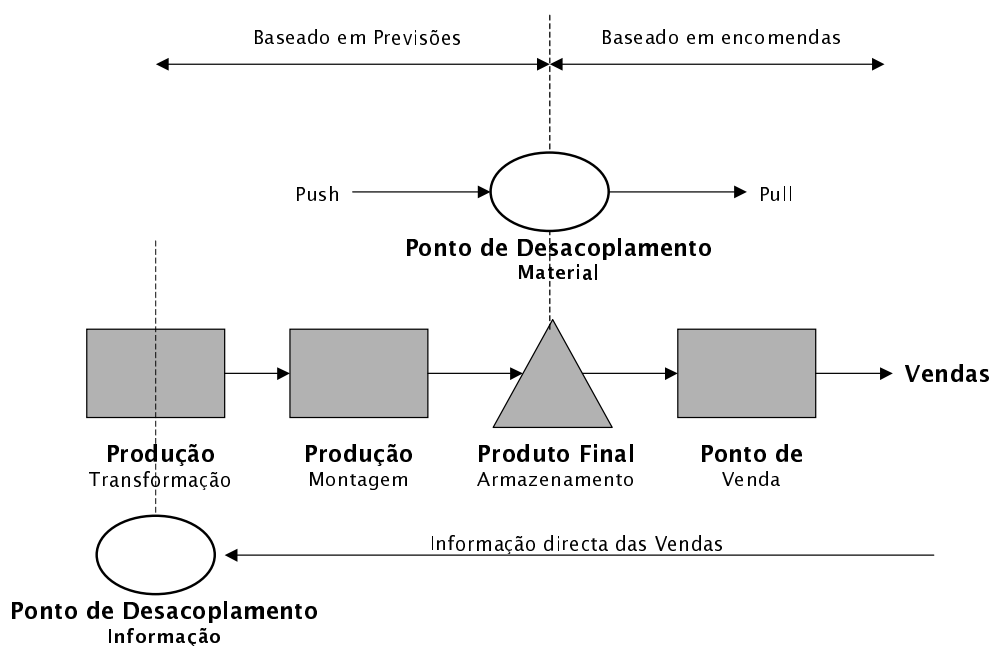


Figura 21 - Ponto de Desacoplamento de Material versus Informação

Adaptado de Mason-Jones, Rachel 6 Towill, denis R. [10]

O ponto de desacoplamento de informação surge para solucionar a problemática do excesso de informação ao se tentar manter a rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de fornecimento. Com o seu uso, mantemos a capacidade de rastreabilidade com a implementação de agregação de informação do produto, material ou componente numa identificação única para o elo ou área da cadeia de fornecimento.

Dependendo das características do produto e da cadeia de fornecimento, o produto pode ter necessidade de passar ao longo de vários pontos de desacoplamento. A cadeia de fornecimento deverá ter a noção e o conhecimento da árvore de desacoplamento “*bill of de-coupling*” de modo a estar apta para o “*tracking*” e “*tracing*” total [14].

Quando olhamos para o ponto de desacoplamento de material, devemos obrigatoriamente considerar o “*postponement*” (adiamento da customização). A aplicação do “*postponement*” na cadeia de fornecimento está dependente das características operacionais da mesma.

Na tabela abaixo poderemos observar algumas das características relevantes para a prática de “*postponement*” [12].

A estratégia de *postponement* é uma estratégia bastante útil para produtos com um ciclo de vida curto. O valor da estratégia de *postponement* cresce à medida que a incerteza de previsões de venda e a variação de produtos aumentam. Por outro lado quando a procura das várias derivações do produto são semelhantes a estratégia de *postponement* é muito eficaz. Um eficiente emprego da estratégia de *postponement* reduz custos, melhora o serviço e reduz a variabilidade da prestação do serviço [11].

Factor	Impacto no Postponement
<p>Características Tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Complexidade Limitada na operação final de produção Complexidade Limitada em termos tecnológicos na fase final de produção Modular 	<p>Perdas pequenas de custo via postponement e tempos de processamento curtos</p> <p>Tempos de processamento curtos</p> <p>Aumento de possibilidade de ajustar produtos ao mercado</p>
<p>Características de Processo</p> <p>Possibilidade de decompor em dois sistemas, primário e secundário, o sistema produtivo</p> <p>Aquisição de produtos e componentes de múltiplos fornecedores</p>	<p>Entrega directa de módulos</p>
<p>Características do Produto</p> <ul style="list-style-type: none"> Existência de módulos comuns Variedade do produto 	<p>Redução de inventário e risco de obsoletos</p> <p>Melhorar a personalização o mais possível</p>
<p>Características do Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> Pequenos e cumpridores tempos de entrega Ciclos de produto curtos 	<p>Melhorar os níveis de serviço</p> <p>Reduzir risco de obsoletos</p>

Tabela 7 – Características operacionais relevantes para o postponement

Adaptado de Hoek, R.I. van. [12]

3.2.1.2 Tipo de Processo

Quando estamos em presença de uma empresa cuja actividade é a produção devemos ter em conta o seu processo de transformação. Na figura abaixo podemos observar as quatro estratégias de processo de transformação.

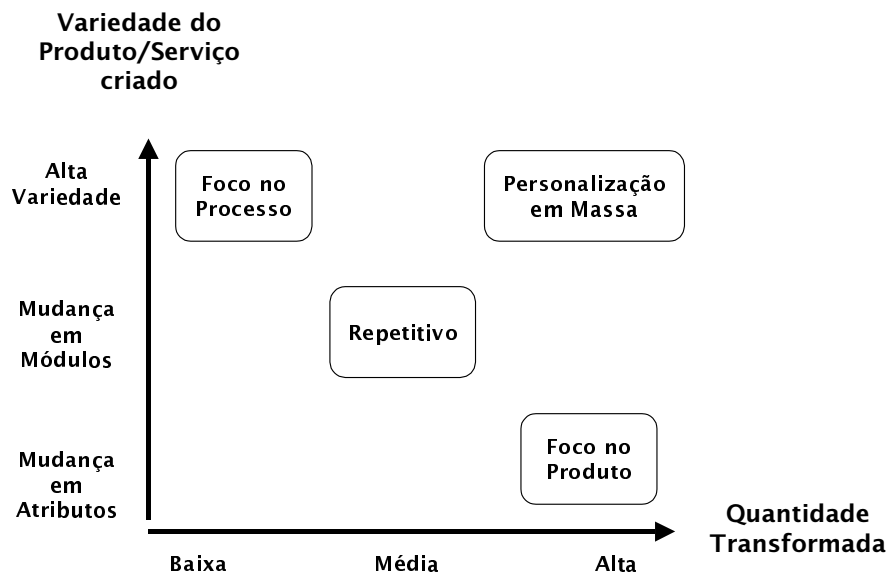


Figura 22 - Estratégias de Processo de Transformação

Adaptado de Heizer, Jay; Render, Barry. [1]

Na estratégia de foco no processo as empresas organizam as suas estruturas centradas em processos para facilitar um baixo volume de produção mas uma grande variedade e capacidade na personalização do produto ou serviço [1]. Exemplos de empresas são as vocacionadas para projectos, restaurantes e hospitais. Encontramos muitos dados e produtos na entrada do processo para se obter uma grande variedade na sua saída.

Quando estamos perante uma estratégia de foco repetitivo a empresa tem um processo produtivo orientado para o produto com recurso a módulos. Os módulos são peças ou componentes preparados previamente [1]. Exemplos são as linhas montagem de

automóveis, motos e frigoríficos. Temos a perspectiva de com poucos módulos obter várias combinações possíveis para o produto ou serviços produzido.

Num contexto de estratégia focalizada no produto, a empresa tem a sua estrutura centrada no produto, onde pequena variedade de material usado no início do processo de transformação irá obter um produto com variação nas suas características [1]. Exemplos são a produção de cerveja, ferro e vidro.

Quando abordamos a personalização em massa devemos considerá-la com um desafio no sentido de obter um tempo de produção curto e um processo produtivo de baixo custo que satisfaça os desejos únicos de cada cliente. Pretende-se obter o baixo custo de uma estratégia focalizada no produto com a variedade de produtos obtida com a focalização no processo [1].

3.2.1.3 Tipo de Produto

Após a análise e impacto nos objectivos da rastreabilidade ao analisar o tipo de actividade e tipo de processo devemos ter em atenção o tipo de produto em questão. O produto pode ser caracterizado como inovador ou funcional. Para melhor compreender as diferenças entre o produto funcional e inovador a tabela abaixo descreve algumas das suas principais características.

	Produto	
	Funcional	Inovador
Aspectos da Procura	Procura Previsível	Procura NÃO Previsível
Ciclo de vida do produto	mais de 2 anos	3 meses a 1 ano
Contribuição para a margem	5 a 20%	20 a 60%
Variedade do Produto	Baixa	Alta
Erros nas previsões de venda	10%	40 a 100%
Média do Nível de Rotação de Stock	1 a 2%	10 a 40%
Valor de mercado no fim do ciclo de vida	0%	10 a 25%
Tempo de Resposta necessário para produzir para encomenda	6 a 12 meses	1 dia a 2 semanas

Tabela 8 - Produto Funcional versus Inovador

Adaptado de Fisher, Marshall L.. [7]

A cadeia de fornecimento executa duas funções distintas. Uma é função física, que consiste na transformação de matéria-prima em subprodutos e produtos finais e no seu transporte entre os elos da cadeia. Esta função numa perspectiva de geração de custos engloba os custos de produção, transporte e armazenamento. A outra função é de mediação com o mercado, onde é responsável por assegurar que a variedade dos produtos disponíveis para entrega estejam em sintonia com os desejos da procura. Na óptica dos custos temos como importantes os custos de venda abaixo de preço devido à queda da procura e à não venda devido a falta de produto [7].

Tendo em consideração as duas funções da cadeia de fornecimento e os dois tipos de produto, é de realçar que a função física é a mais relevante para o caso da presença de produtos funcionais devido à facilidade de executar a função de mediação de mercado num ambiente de procura previsível. O importante neste caso é a partilha de informação em toda a cadeia de modo a coordenar as actividades no sentido de satisfazer a procura ao mais baixo custo possível. A função de mediação de mercado torna-se mais importante para o caso dos produtos inovadores por estes apresentarem um ciclo de vida curto e uma procura não previsível. A importância nestes casos vai para a leitura atempada dos sinais de mercado e aquisição dos produtos de modo a existir uma reacção rápida [7].

Ao verificar o relacionamento entre as funções da cadeia de fornecimento e os diferentes tipos de produto devemos considerar que a cadeia de fornecimento deve ser eficiente nos casos de presença de produtos funcionais e reactiva na presença de produtos inovadores [7].

3.2.2 - Perspectiva da Rastreabilidade

Tendo como presente toda a perspectiva da cadeia de fornecimento ao nível do tipo de actividade, tipo de processo e tipo de produto, podemos partir para o modelo de rastreabilidade. Na figura abaixo, estão representados os factores chave âmbito, tipo de

perspectiva, foco da rastreabilidade e item de rastreabilidade de um modelo de rastreabilidade

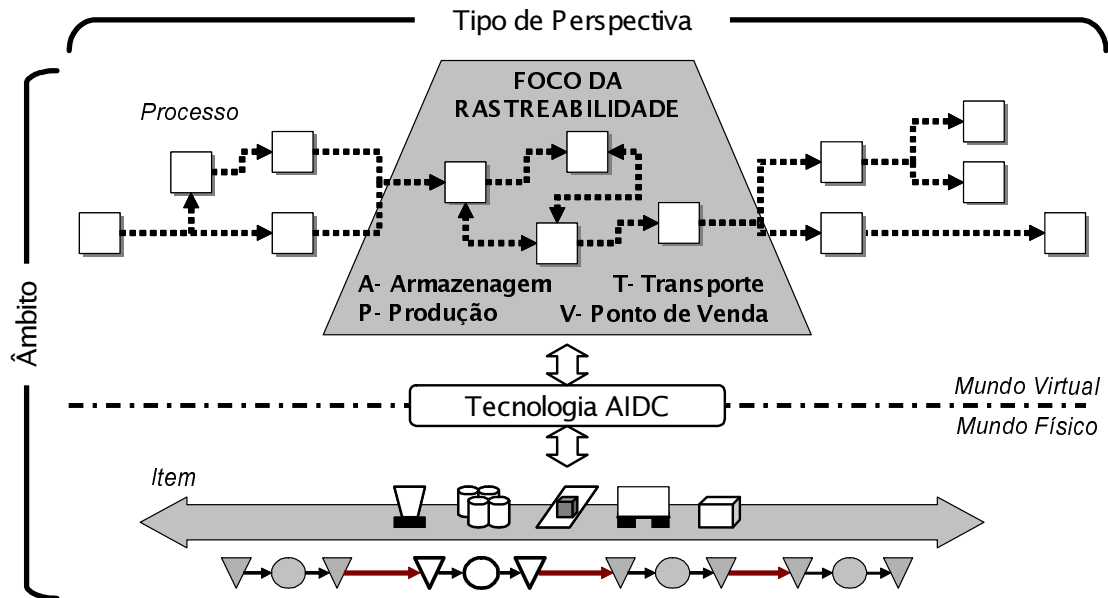


Figura 23 - Modelo de Rastreabilidade

De seguida serão abordados os factores chave âmbito, tipo de perspectiva, item de rastreabilidade e foco da rastreabilidade do modelo.

3.2.2.1 Âmbito

No modelo acima representado, devemos primeiramente considera o âmbito de aplicação. Para tal, devemos ter presente os dois possíveis âmbitos [14]:

- Âmbito restrito
- Âmbito alargado

- Âmbito restrito

Possibilita-nos a visibilidade a qualquer momento de onde está o trabalho e a sua disposição e estado. Numa função activa de *tracking* é criado em tempo real um histórico de eventos via a relação e significado dos registos de identificação. Deste modo é-nos permitido a rastreabilidade de componentes e o seu uso em produtos finais.

O *tracking* de produto permite a rastreabilidade foward and downstream.

- Âmbito alargado

A aplicação deste âmbito permite a optimização e o controlo de processo na produção e entre elos da cadeia de fornecimento. No entanto a sua aplicabilidade só é possível com o *tracking* em tempo real de lotes e o armazenamento das suas propriedades. Deste modo é acrescido ao âmbito restrito a gestão e controlo de lotes nas sucessivas etapas do processo produtivo.

Estes dois âmbitos são muito importantes na abordagem ao modelo, enquanto que o âmbito restrito está essencialmente preocupado com o fluxo físico de materiais ao longo da cadeia de fornecimento, o âmbito alargado tem em adição toda a preocupação da optimização e controlo de processos quer na óptica da produção, quer entre os elos da cadeia. Isto significa que no âmbito alargado a preocupação do modelo de rastreabilidade não está somente no estado do trabalho em termos de fluxo físico mas também nas propriedades e características inerentes aos componentes e das actividades dos processos associados.

Enquanto que no âmbito restrito é baseada na criação em tempo real de um histórico de eventos via a relação e significado dos registos de identificação dos componentes, no âmbito alargado devo adicionar os dados dos processos envolvidos de modo a permitir acções de optimização e controlo.

3.2.2.2 Tipo de Perspectiva

Independentemente do âmbito da rastreabilidade podemos ter diferentes perspectivas na aplicação do modelo de rastreabilidade [14] :

- Perspectiva interna
 - A empresa usa a rastreabilidade no domínio dos requisitos das suas actividades internas.
- Perspectiva interna com múltiplas localizações.
 - Além da perspectiva interna é necessário ter em consideração as actividades e fluxos de material e informação entre as várias localizações.
- Perspectiva da cadeia de fornecimento
 - Desta perspectiva é vista como uma acção integradora na gestão de planeamento e controlo dos materiais desde os fornecedores até ao utilizador final. Os requisitos são considerados “*Business-to-business*” se o cliente é industrial ou “*Business-to-consumer*” se no caso de ser cliente final. Devido à presença de empresas e actores independentes na cadeia de fornecimento é necessário que trabalhem conjuntamente para definirem os requisitos de rastreabilidade.
- Perspectiva de ambiente externo
 - Os requisitos nesta perspectiva são impostos por entidades externas como o governo e associações e são denominados “*business-to-administration*”.

3.2.2.3 Foco da Rastreabilidade

Associada ao tipo de perspectiva no modelo de rastreabilidade, devemos saber qual é o foco da rastreabilidade que a empresa necessita implementar em termos dos seus processos. Por exemplo uma empresa que produz determinado produto pretende

efectuar a rastreabilidade do processo de transporte entre a localização da sua fábrica e os centros de distribuição próprio. Neste caso temos uma perspectiva interna com múltiplas localizações com o foco na área do transporte. Outro exemplo é uma empresa de montagem que pretende implementar um sistema de rastreabilidade na sua área de armazenamento de componentes que abasteça as linhas. Temos assim uma perspectiva interna com foco na área de armazenagem. Podemos estar também a falar de uma empresa de distribuição que pretende efectuar a rastreabilidade conjuntamente com o seu cliente dos produtos vendidos numa loja. Deste modo, temos uma perspectiva de cadeia de fornecimento com foco no ponto de venda.

Na imagem seguinte podemos observar que dependendo da áreas que compõem uma empresa podemos ter um foco na área da armazenagem, produção, transporte e pontos de venda.

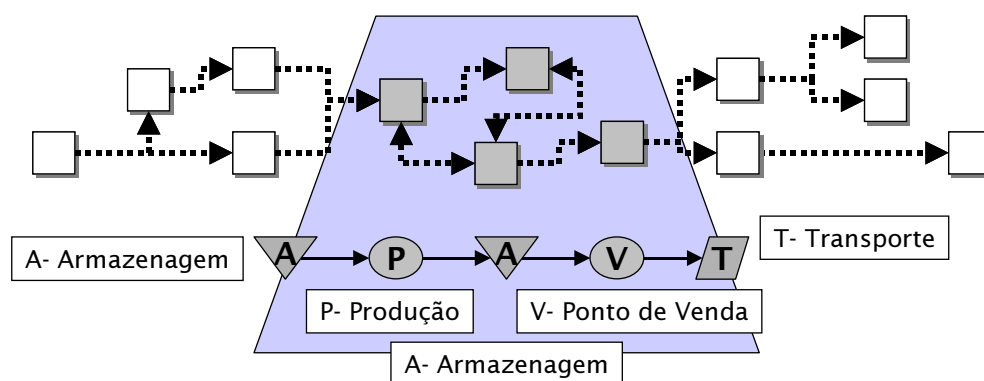


Figura 24- Foco da Rastreabilidade

3.2.2.4 Item de Rastreabilidade

Após o processo de escolha do âmbito, tipo de perspectiva e foco da rastreabilidade devemos considerar qual será o item de rastreabilidade no sentido de responder aos objectivos criados.

Para a gestão da cadeia de fornecimento ao nível do item é indispensável a possibilidade de identificação ao mesmo nível. A gestão da cadeia de fornecimento ao nível do item é

possível se cada produto ou componente tiver a sua própria identidade. Deste modo o produto ou componente poderá ser identificado e reconhecido e a informação a seu respeito poderá ser obtida e actualizada em toda a cadeia de fornecimento [13].

Muitas da vezes o item é agrupado e identificado dentro de um grupo, como o caso de ser identificado por “*batch*” ou lote (vários itens tiveram sujeitos ao mesmo processo produtivo) ou por unidades logísticas (estão a ser transportados nas mesmas condições). Cada vez que a unidade mais reduzida de identificação (item, lote/”*batch*” e unidade logística) sofre uma transformação ou é processada deve ser atribuído um novo identificador. Isto pode envolver “*batch*” de matéria-prima, embalagem e unidades de comercialização e logísticas [W14].

Quando estamos a lidar com “*batch*”/lotes, atribuídos por diferentes etapas produtivas, devemos considerar o uso de identificação relativo à árvore de “*batch*” (“*bill of batch*”) de modo a se poder efectuar o “*tracking*” e “*tracing*” da específica composição do item produzido [14]. Na figura seguinte podemos observar alguns exemplos de itens de rastreabilidade.

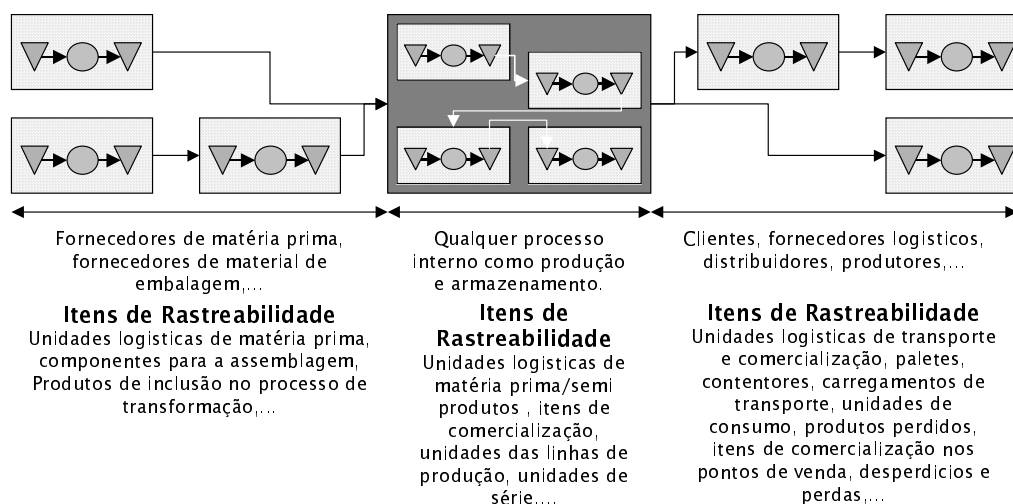


Figura 25 - Identificação num sistema de Rastreabilidade

Adaptado de EAN.UCC. [W14]

Ao abordar os itens de rastreabilidade e tendo em consideração ao descrito acima podemos definir os seguintes grupos:

- Unidade logística de Matéria Prima
- Componentes para a produção
- Item
 - Produto individual
- Carrier/Lote/Batch
 - No caso do Carrier é uma estrutura que transporta o ou os itens
 - O Lote/Batch significa uma quantidade de produto que está sujeito às mesmas condições de processo. Pode igualmente significar um pequeno conjunto de itens que são tratados em simultâneo.
- Unidade Logística de Transação
 - Neste caso estamos a falar de unidades logísticas como caixa, embalagem ou palete.
- Unidade Logística de Retorno
 - Tal como o Carrier, é uma estrutura que transporta o ou os itens em termos logísticos que retorna ao ponto de partida.

3.3 - Processos e Tecnologia para a rastreabilidade

Após ter o modelo adequado de rastreabilidade devemos iniciar o processo de implementação de um sistema de informação adequado para que possa receber a informação via a tecnologia de AIDC no sentido de efectuar a ligação do fluxo de informação com o fluxo físico.

De realçar que para uma correcta gestão do fluxo interno ou externo de materiais numa organização é necessário um acesso directo ao sistema de informação da mesma [3]. Deste modo é muito importante o uso da tecnologia AIDC no sentido de obter em tempo real os registos necessários ao sistema de informação de suporte ao sistema de rastreabilidade.

Como na figura seguinte ilustra, os sistemas de informação devem ter reflectido os seguintes pontos:

- representação em termos de sistemas de informação dos processos necessários à implementação do modelo de rastreabilidade no sentido de permitir toda a gestão associada.
- capacidade de recepção e interpretação da identificação dos componentes via a tecnologia AIDC
- todas as características de integração e comunicação de dados que permite o fluxo de informação entre os sistemas internos e os dos outros elos da cadeia de fornecimento.

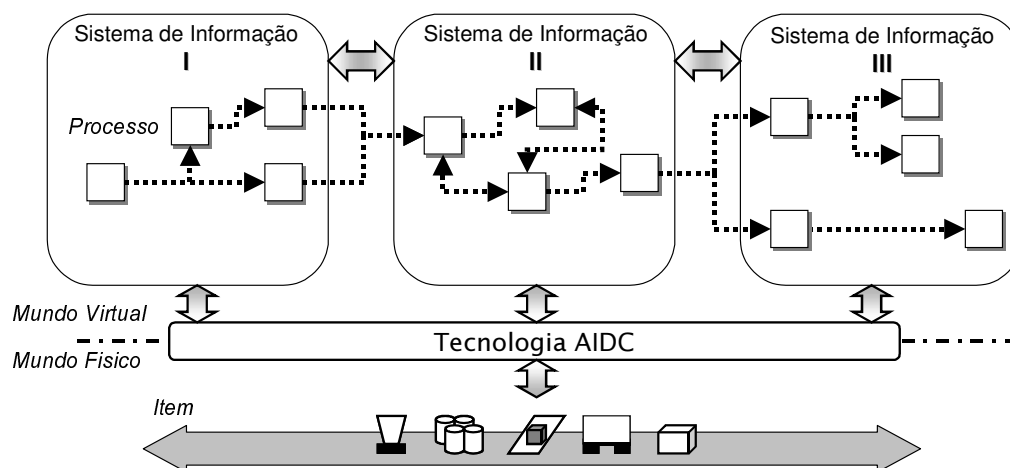


Figura 26 - Processos e Tecnologias para a Rastreabilidade

A partir do momento que os materiais, produtos e componentes estão sob controlo em termos de identificação, esta poderá ser introduzida na codificação do produto. Com esta introdução e o manuseamento automático de materiais é possível aumentar a eficiência da rastreabilidade do fluxo físico na cadeia de fornecimento [14]. A eficiência

poderá ter reflexos nas áreas exemplificativas de armazenamento, selecção de itens, escolha e distribuição de produtos, rastreabilidade do fluxo dos materiais interno, etc.

Para tal efeito é necessário recorrer ao uso da tecnologia AIDC com a escolha adequada da técnica usada e dispositivos correspondentes. No modelo considerado é abordada a tecnologia RFID.

3.3.1 - Perspectiva de RFID

Em termos gerais a tecnologia RFID significa a identificação de um objecto via o uso de uma transmissão de rádio frequência. Em termos básicos a “tag” ou “transponder” identifica-se a ele próprio quando detecta um sinal proveniente de um dispositivo compatível denominado leitor ou antena num sistema de RFID.

Num sistema típico de RFID a “tag” ou “transponder” é colocado no objecto. Cada “tag” ou “transponder” tem armazenado informação que pode ser do tipo um número de série, número do modelo, cor, localização ou outros dados relevantes. Quando a referida “tag” ou “transponder” se encontra num campo gerado pelo dispositivo de leitura compatível, a respectiva informação é transmitida para o leitor e pode ser actualizada via os mesmos mecanismos.

Apesar de toda a vertente apelativa da tecnologia e a geração de expectativas no seu possível uso, quando abordamos a aplicabilidade da tecnologia RFID num cenário concreto de rastreabilidade devemos ter presente que não se trata de uma tecnologia barata. Como tal deve ser sempre considerado o melhor sistema que corresponda às expectativas do sistema de rastreabilidade e seja economicamente viável.

No sentido da melhor escolha do funcionamento do sistema RFID devemos ter em atenção os factores de onde é colocada a identificação, qual o modo de uso, qual o ambiente de uso e o tipo de circuito de utilização.

3.3.1.1 Onde é colocada a identificação

Como referido acima, o “*tag*” ou “*transponder*” é colocado directamente num objecto. Dependendo do item de rastreabilidade seleccionado, devemos saber onde vai ser colocada a identificação. Para objectos de colocação temos as seguintes hipóteses:

- item
- “*carrier*”
- unidade logística de transacção
- unidade logística de retorno

Como exemplo de colocação da “*tag*” no item são os casos de colocar uma “*tag*” directamente num saco com matéria-prima, num telemóvel, numa máquina de barbear ou num carro.

Quando falamos da colocação no “*carrier*”, podemos considerar o exemplo de um “*skid*” que transporta um carro na fase inicial de uma linha de montagem da indústria automóvel, ou numa linha de montagem com transporte automatizado em que temos uma bandeja que via transportando uma câmara de vídeos ao longo dos vários postos de montagem.

No caso da colocação da “*tag*” numa unidade logística de transacção podemos considerar uma palete composta por um determinado número de produtos onde é identificada pela informação contida na “*tag*”.

Um exemplo de colocação de uma “*tag*” numa unidade logística de retorno pode ser um barril de cerveja, uma botija de gás ou um recipiente de tinta que é enviado para o cliente e depois retornado no sentido de diminuir os custos de transporte.

Como podemos observar nos exemplos descritos, a colocação da “*tag*” pode não coincidir com o item de rastreabilidade seleccionado no modelo de rastreabilidade. A

escolha da sua colocação é dependente dos custos envolvidos bem como pela viabilidade operacional da mesma. Deste modo é bastante importante a escolha adequada da colocação da “tag” no sentido de permitir todo o êxito do processo de rastreabilidade a implementar.

3.3.1.2 Modo de Uso

Após a escolha do local de colocação da “tag” é importante definir o modo de uso da mesma em termos de capacidade funcional de leitura e escrita. Pode-se optar somente pelo modo de leitura, significando o mesmo que no início do processo gravo um número de série único ou se utiliza o número de série da “tag” vindo do fabricante para ir se ir lendo nos vários eventos de rastreio pretendidos. Deste modo o sistema de informação de suporte à rastreabilidade deve ter a capacidade de construção de todo o fluxo físico com base nas leituras da identificação obtidas.

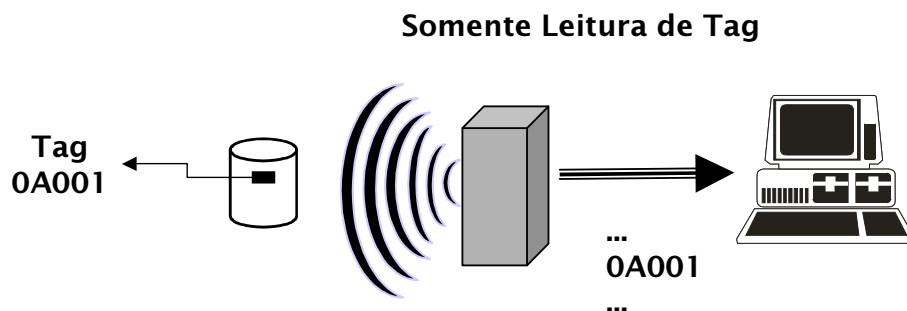


Figura 27- Somente Leitura de Tag

A escolha em funcionar o sistema RFID no modo de leitura e escrita permite maior potencial operacional devido à capacidade de em cada ponto de registo de eventos poder ler a informação residente no “tag”, bem como actualizá-la. A sua actualização poderá ser efectuada substituindo integralmente os dados, ou adicionar dados aos existentes.

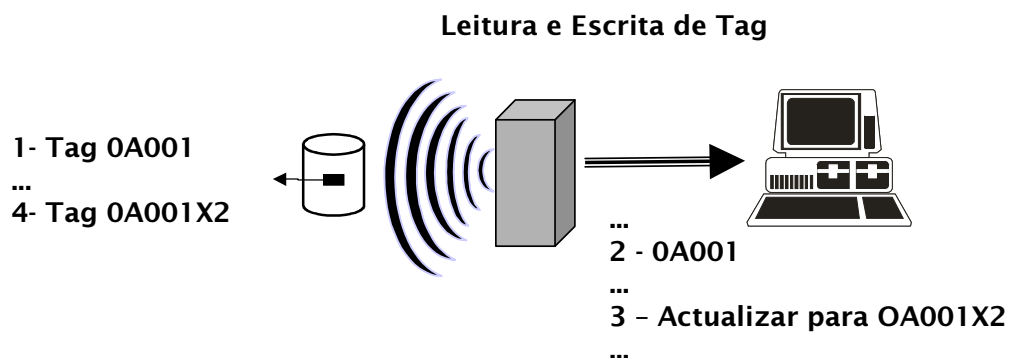


Figura 28 - Leitura e Escrita de Tag

O modo de leitura e escrita permite uma flexibilidade em termos de manuseamento dos dados de identificação no sentido de lhes adicionar maior significado. Como exemplo podemos pensar que determinada unidade logística tem de passar por vários elos da cadeia de fornecimento e que em cada passagem é gravado os códigos correspondente a esse elo que poderão tem associada nos sistemas de informação mais dados relevantes como data, hora e condições de armazenamento e transporte. Deste modo o ultimo elo da cadeia ao ler os dados do “tag” poderá obter dos sistemas de informação integrados dos vários elos toda a informação relacionada com o fluxo da unidade logística. Outro exemplo que se poderá dar é o caso num linha de produção de produtos altamente personalizados ter escrito no “tag” todos os códigos de actividades a serem executados ao longo do processo. Deste modo a leitura em cada posto da linha de montagem da informação recolhida no “tag” permite validar as actividades necessárias, bem como registar no sistema de informação os eventos necessários ao processo de rastreabilidade.

3.3.1.3 Ambiente de Utilização

Associado ao local de colocação da “tag” e ao correspondente fluxo físico do objecto, deve-se ter em atenção o ambiente de utilização. Onde a tecnologia de RFID se distingue da de código de barras é nos ambientes onde não é possível linha de vista,

existam altas temperaturas e seja um meio pesado em termos de presença de líquidos, poeiras e outros onde dificultem a identificação visual.

Como exemplo da linha de vista podemos considerar o caso de colocação de uma tag num telemóvel. Após a sua produção é colocado numa caixa e ao usar a tecnologia RFID poderei obter os dados gravados ao passar por um leitor compatível de RFDI sem que tenha necessidade de retirar o produto da caixa.

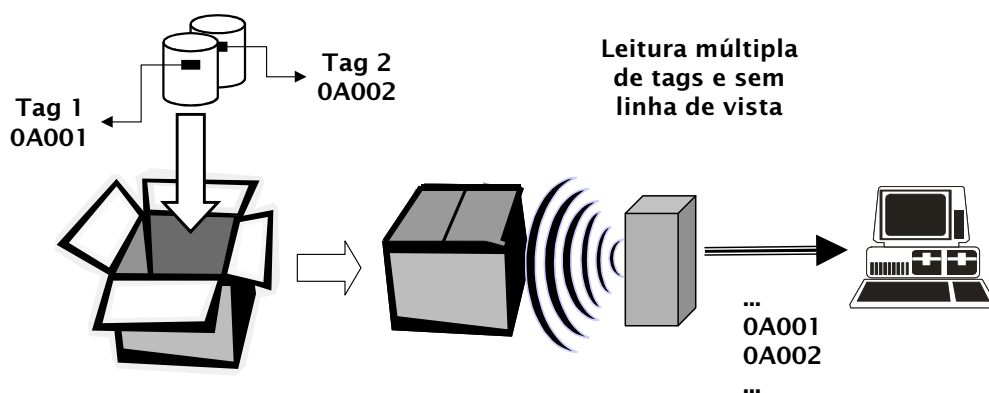


Figura 29 - Sem linha de Vista sobre a Tag

Se analisar-se a questão das altas temperaturas, podemos equacionar que numa linha de pintura de uma carroçaria de um carro as temperaturas atingem cerca de 200 graus centígrados e existe a necessidade de identificação para rastreio e controlo operacional do processo ao longo do fluxo físico da linha. Nestes caso, a tecnologia RFID pode ser a solução devido a permitir que o “tag” com o revestimento cerâmico próprio resiste às altas temperaturas e não perde a capacidade operacional de leitura.

Na figura seguinte podemos observar a representação de um processo com a necessidade de suporte a altas temperaturas.

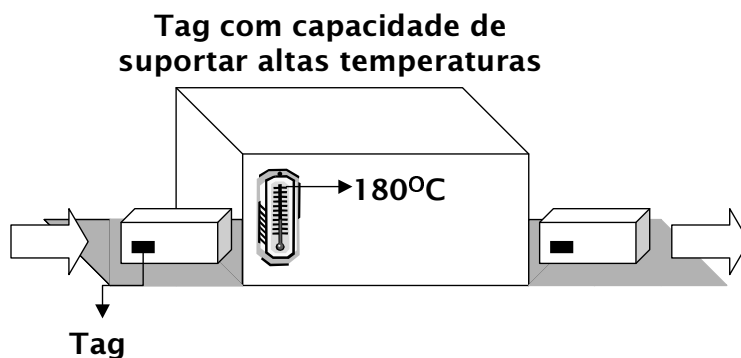


Figura 30 - Suporte a Altas Temperaturas

Noutros casos existe a necessidade de passar o produto por um processo de submersão em determinados ambientes líquidos. A tecnologia RFID tem a vantagem que consegue efectuar a leitura em ambientes destes, no entanto tal como no caso das temperaturas altas é necessário proteger a *tag* com determinado encapsulamento.



Figura 31 - Suporte a submersão de líquidos

Ao se descreverem os exemplos referidos, obviamente não poderá deixar de ser salientado que a tecnologia resolve o problema operacional mas tem o inconveniente de introduzir custos mais elevados quando comparados com outras tecnologias. No entanto

os seus custos permitem obter dados de rastreabilidade de modo automático enquanto que as outras tecnologias não o podem.

3.3.1.4 Circuito de utilização

Dependendo do meio de utilização que pode acrescer nos custos de implementação e do tipo de perspectiva do modelo de rastreabilidade, bem como do local escolhido de colocação da “tag” podem ser considerados dois tipos de circuitos de utilização no processo de rastreabilidade.

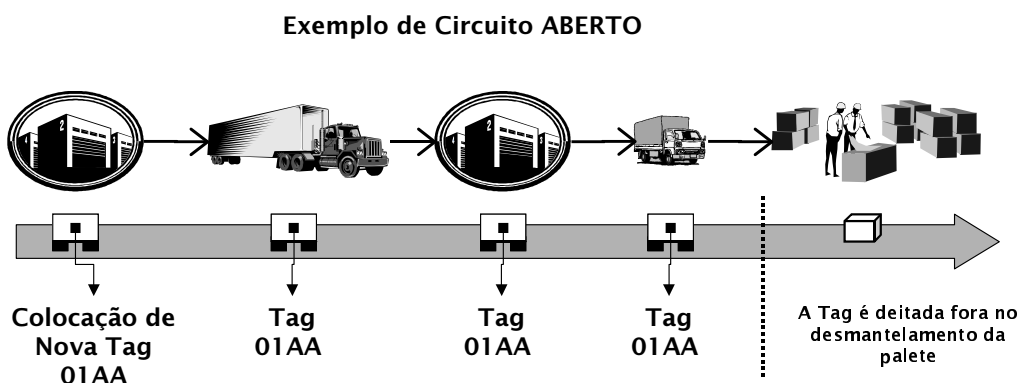


Figura 32 - Circuito Aberto

O tipo de circuito Aberto implica a não reutilização da “tag” noutra processo. Por exemplo podemos falar em colocar uma “tag” numa unidade logística de transacção do tipo palete em que a “tag” não será recuperada.

Quando se aborda o circuito fechado, estamos a considerar a reutilização da “tag”. Por exemplo numa linha de montagem onde a “tag” é colocada no “carrier” do produto e não directamente no produto, podemos reutilizar a “tag”. Nestes casos como o próprio

“*carrier*” é reutilizável, só se tem de no início do processo reutilizar o conjunto “*tag*” e “*carrier*”.

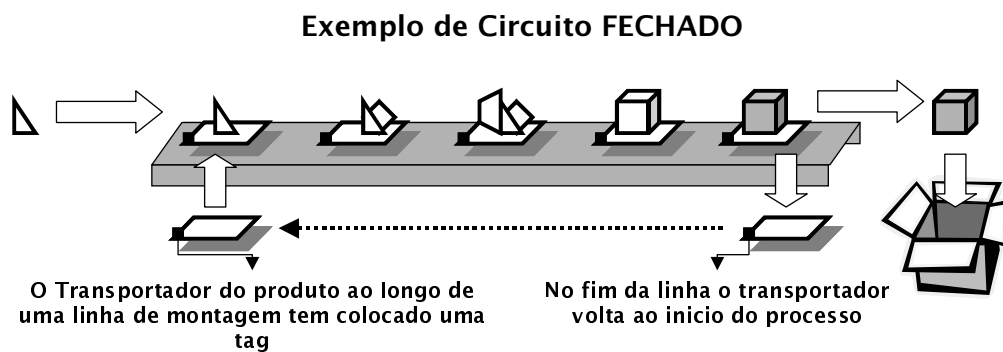


Figura 33 - Circuito Fechado

CAPÍTULO 4 - Análise de aplicações práticas e suas implementações em casos de estudo

4.1 – Pesquisa

Tendo presente o modelo de rastreabilidade e o seu enquadramento em termos de perspectiva da cadeia de fornecimento e perspectiva RFID, tentará saber-se como tem sido usada a tecnologia RFID na rastreabilidade de componentes da cadeia de fornecimento.

Ao se analisar o modelo de rastreabilidade na óptica da sua implementação, surge a questão do uso da tecnologia RFID. Sendo apontada como uma tecnologia com provas dadas e com grandes previsões de crescimento em termos do sector das tecnologias de AIDC, seria importante saber no contacto directo com os utilizadores saber em que modo e em que circunstâncias é que foi escolhida em relação à tecnologia de código de barras. Para esse efeito, procedeu-se na 1ª parte da pesquisa a visitas a quatro empresas no intuito de obter as desejadas informações.

Para se saber como a tecnologia de RFID está a ser usada na rastreabilidade de componentes na cadeia de fornecimento, usou-se o modelo criado no sentido de recolher dados dos vários casos de estudo publicados.

4.1.1. – Entrevistas

O alvo definido de empresas a visitar para se efectuarem as entrevistas é o composto por empresas situadas em território Português com caso de aplicação de um sistema de rastreabilidade de componentes com uso da tecnologia RFID.

Da pesquisa feita junto dos fornecedores da tecnologia de RFID foram detectadas quatro empresas, todas elas multinacionais:

- sector Automóvel
 - duas de montagem de veículos
 - uma de fornecedora de componentes
- sector Calçado
 - uma de calçado de segmento médio / alto

Devido ter tido a oportunidade de as visitar em consequência da minha actividade profissional, foram agendadas em paralelo entrevistas com os responsáveis da área operacional que amavelmente incluíram uma visita pormenorizada a todo o processo de rastreabilidade onde era usada a tecnologia RFID.

Para essas entrevistas foram equacionadas os quatro pontos da perspectiva de RFID descritos no modelo de rastreabilidade.

- Onde é colocada a indentificação
- Modo de uso
- Ambiente de utilização
- Circuito de utilização

Com a abordagem destes quatro pontos pretendesse obter informações comparativas com a tecnologia de código de barras e saber em que medida seria possível a mudança para outra tecnologia.

Em adição aos aspectos acima referidos, é importante saber em que medida as tecnologias de AIDC se tornam importante ou não para o sucesso do sistema de rastreabilidade implementado.

Após a realização das entrevistas e tratamento da informação recolhida procedeu-se à descrição dos pontos relevantes transmitidos em termos de rastreabilidade de componentes na cadeia de fornecimento com uso da tecnologia RFID.

4.1.2. - Inquérito

Para se efectuar o inquérito, tornou-se necessária a criação de um questionário. O questionário deve estar baseado no modelo de rastreabilidade no sentido de se obter em que medida estão ser implementados com o uso da tecnologia de RFID.

4.1.2.1 Perspectiva da Rastreabilidade

No que diz respeito à perspectiva da rastreabilidade, foram definidas 4 perguntas que correspondem às decisões chave do modelo de rastreabilidade no que diz ao âmbito, tipo de perspectiva, item de rastreabilidade e foco da rastreabilidade.

1- Âmbito

- | | |
|----------|--------------------------|
| Restrito | <input type="checkbox"/> |
| Alargado | <input type="checkbox"/> |

2- Tipo de perspectiva

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| Interna | <input type="checkbox"/> |
| Interna com múltiplos locais | <input type="checkbox"/> |
| Cadeia de Fornecimento | <input type="checkbox"/> |
| Ambiente Externo | <input type="checkbox"/> |

3- Item de Rastreabilidade

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| Unidades Logísticas de MP | <input type="checkbox"/> |
| Componentes do Produto | <input type="checkbox"/> |
| Item | <input type="checkbox"/> |
| Carrier/Lote/Batch | <input type="checkbox"/> |
| Unidade Logística Transacção | <input type="checkbox"/> |
| Unidade Logística Retorno | <input type="checkbox"/> |

4- Foco da Rastreabilidade

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Área Operacional da Produção | <input type="checkbox"/> |
| Área Operacional de Armazém | <input type="checkbox"/> |
| Área Operacional do Transporte | <input type="checkbox"/> |
| Área Operacional do Ponto de Venda | <input type="checkbox"/> |

4.1.2.2 Perspectiva da cadeia de fornecimento

No que diz respeito à perspectiva da cadeia de fornecimento, foram definidas três perguntas correspondentes aos seus aspectos importantes no que toca a tipo de actividade, processo de transformação e tipo de produto.

5- Tipo de actividade

- | | |
|----------------|--------------------------|
| Produção | <input type="checkbox"/> |
| Armazenagem | <input type="checkbox"/> |
| Transporte | <input type="checkbox"/> |
| Ponto de Venda | <input type="checkbox"/> |

6- Processo de Transformação (Caso tenha seleccionado Produção)

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| Foco no Processo | <input type="checkbox"/> |
| Repetitivo | <input type="checkbox"/> |
| Foco no Produto | <input type="checkbox"/> |
| Personalização em Massa | <input type="checkbox"/> |

7- Tipo de Produto

- | | |
|-----------|--------------------------|
| Inovador | <input type="checkbox"/> |
| Funcional | <input type="checkbox"/> |

Em adição, foi acrescentada uma pergunta neste domínio no sentido de saber se a actividade da empresa está relacionada com a Indústria Automóvel. Esta pergunta é

colocada no sentido de saber se nos casos a analisar se comprova o domínio de utilização pela indústria automóvel de acordo com a opinião da “*ABI Research*” [W7].

8- A actividade é relacionada com Industria Automóvel

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Não | <input type="checkbox"/> |
| Sim, Fornecedor de Componentes | <input type="checkbox"/> |
| Sim, Fabricantes de Automóveis | <input type="checkbox"/> |

4.1.2.3 Perspectiva de RFID

Para a perspectiva de RFID foram criadas quatro perguntas no sentido de obter informação relativa aos pontos essenciais definidos no modelo de rastreabilidade.

9- Onde é colocada a identificação

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| Item | <input type="checkbox"/> |
| Carrier | <input type="checkbox"/> |
| Unidade Logística Transacção | <input type="checkbox"/> |
| Unidade Logística Retorno | <input type="checkbox"/> |

10- Modo de uso

- | | |
|-----------------|--------------------------|
| Leitura | <input type="checkbox"/> |
| Leitura/Escrita | <input type="checkbox"/> |

11- Ambiente de Utilização

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Não possível Linha de Vista | <input type="checkbox"/> |
| Altas Temperaturas | <input type="checkbox"/> |
| Meio pesado (pós, líquidos) | <input type="checkbox"/> |

12- Circuito de Utilização

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| Fechado (Reutilizável) | <input type="checkbox"/> |
| Aberto (Não reutilizável) | <input type="checkbox"/> |

4.1.2.4 Caracterização das Perguntas do Questionário

No quadro seguinte podemos observar a caracterização das perguntas do questionário.

Pergunta	Nº de Variáveis	Nome da Variável	Escala de Medida e Gama de Valores	Código para não resposta
1	1	Âmbito	Nominal (1,2)	-1
2	1	Perspectiva	Nominal (1,2,3,4,5)	-1
3	1	Item de Rastreabilidade	Nominal (1,2,3,4,5,6)	-1
4	1	Foco da Rastreabilidade	Nominal (1,2,3,4)	-1
5	1	Actividade	Nominal (1,2,3,4)	-1
6	1	Processo	Nominal (1,2,3,4)	-1
7	1	Produto	Nominal (1,2)	-1
8	1	Indústria Automóvel	Nominal (1,2,3)	-1
9	1	Colocação tag	Nominal (1,2,3,4)	-1
10	1	Modo de uso	Nominal (1,2)	-1
11	3	Linha de Vista Altas Tempet. Pesado	Nominal (0,1) Nominal (0,1) Nominal (0,1)	-1
12	1	Circuito	Nominal (1,2)	-1

Tabela 9 - Caracterização da perguntas

O Universo inquirido foi as empresas que tinham o seu caso descrito na Internet acessível e sem custos durante Março e Setembro de 2003.

Após a recolha via Internet de 121 casos empresariais de projectos de rastreabilidade com uso de RFID, foi iniciado o processo de preenchimento do questionário com os referidos casos. No processo de preenchimento, foram rejeitados 43 casos devido a falta de informação e repetição de casos. Deste modo, ficaram 78 casos para análise.

Os seus dados podem ser observados no anexo 1.

Para tratamento dos dados recorreu-se ao software SPSS for Windows – Release 7.5.1. Após ao seu tratamento, procedeu-se à Síntese e Análise dos resultados.

4.2- Análise dos Resultados

Nos pontos seguintes será descrita a análise dos resultados em termos das acções de entrevistas e inquéritos.

4.2.1. - Entrevistas

No que diz respeito aos quatro pontos da perspectiva de RFID descritos no modelo de rastreabilidade os resultados das entrevistas deram as seguintes impressões:

- no que diz respeito à colocação da identificação verificamos que nos quatros casos é colocada no “*carrier*” (meio onde é transportada o produto). Nos dois casos de montagem de veículos, o “*tag*” é colocado no SKID (nome técnico para a plataforma que transporta a carroçaria). Nos outros dois casos são colocados numa bandeja de plástico no caso dos sapatos e numa de metal no caso do fornecedor de componentes para o sector automóvel. Na empresa do sector do calçado irão evoluir para a colocação adicional de um “*tag*” directamente no produto.
- em termos de modo de uso foram encontradas as duas situações. Em dois casos o “*tag*” possuiu um número de série único, gravado no início do processo para posterior leitura nos vários pontos de registo de dados. Nos outros dois casos verifica-se o uso em todo o processo do modo de leitura e escrita. Num dos casos em cada evento é adicionada informação, no outro em cada passo de registo é alterado o estado respectivo.
- relevante em termos de comparação com a tecnologia de código de barras, é o ambiente de utilização onde está incorporada a tecnologia RFID e por consequência o sistema de rastreabilidade. Em dois dos casos a tecnologia está a ser usada como suporte ao sistema de rastreabilidade das linhas de pintura. Nas linhas de pintura temos a presença das altas temperaturas e líquidos. Um factor comum a todos os casos é capacidade de efectuar registos de rastreabilidade

onde não existe linha de vista entre o identificador e o leitor. Pelos menos é notório nos três casos das empresas do sector automóvel, verifica-se que o “*tag*” está sujeito a partes onde o ambiente conta com a presença de poeiras, líquidos como óleo e sofre constantes contactos com os operadores da linha e por vezes de máquinas.

- nos quatro casos, em termos de circuito de utilização verifica-se a reutilização do “*tag*”. Tratando-se deste modo de um utilização em circuito fechado. No entanto, na empresa do sector do calçado está previsto quando avançarem para a colocação em simultâneo da “*tag*” directamente no produto, passarem a ter as duas vertentes em termos de circuito de utilização. Isto é, os “*tag*” a colocar directamente no produto não serão reutilizáveis.

O transmitido pelas quatro empresas é a que não vêem viabilidade na troca de tecnologia em termos de AIDC. O sistema instalado proporciona-lhes o registo de dados em situações adversas para as outras tecnologias, e com estes dados conseguem terem o controlo do processo produtivo em tempo real de modo a poderem tomarem acções no sentido de otimizar.

De realçar que todas têm actividade de produção, com a particularidade de todas elas terem processos repetitivos (linhas de montagem).

Em termos de perspectiva da rastreabilidade, temos três caso claros que são numa vertente interna, enquanto que o caso da empresa do sector do calçado pretende alargar o processo aos seus fornecedores. Como os seus fornecedores são empresas do grupo, está definida que a “*tag*” inserida no produto deverá vir com um dos componentes principais oriundos dos seus fornecedores. Deste modo alargam o sistema de rastreabilidade com uso da tecnologia RFID a mais elos da cadeia de fornecimento.

Embora exista esta pretensão por parte de uma das empresas, ao abordar juntamente com as outras empresas as possibilidades de alargar o uso da tecnologia com os restantes elos da cadeia de fornecimento, foi-me declarado que a grande dificuldade

prende-se com os custos ainda elevados da tecnologia e com a necessidade de criação de um standard a nível mundial em termos tecnológicos. Nomeadamente harmonização do espectro de frequência.

4.2.2 - Inquérito

Após o tratamento de dados recolhidos de seguida são analisado os dados nas várias perspectivas de acordo com o modelo da rastreabilidade e da estrutura do inquérito.

4.2.2.1 *Perspectiva da Rastreabilidade*

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 1, verificamos que 62,8 % dos casos implementaram a rastreabilidade num âmbito alargado.

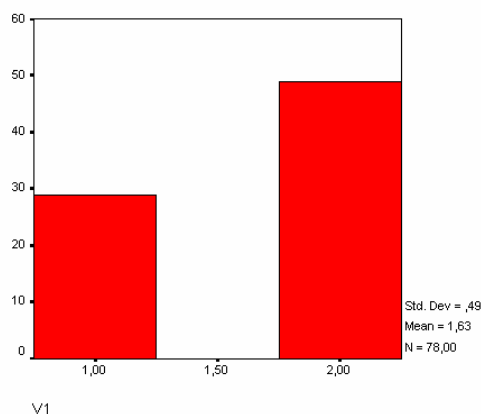


Figura 34 - Histograma Variável 1

V1

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	29	37,2	37,2	37,2
2	49	62,8	62,8	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 10 - Tabela de Frequências - Variável 1

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 2, verificamos que 83,3% dos casos implementaram o processo de rastreabilidade numa perspectiva interna

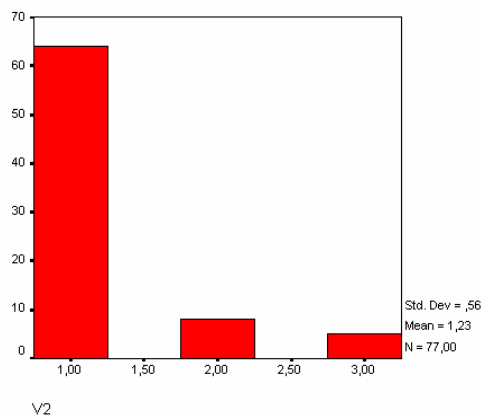


Figura 35 - Histograma Variável 2

V2

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	65	83,3	83,3	83,3
2	8	10,3	10,3	93,6
3	5	6,4	6,4	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 11 - Tabela de Frequências - Variável 2

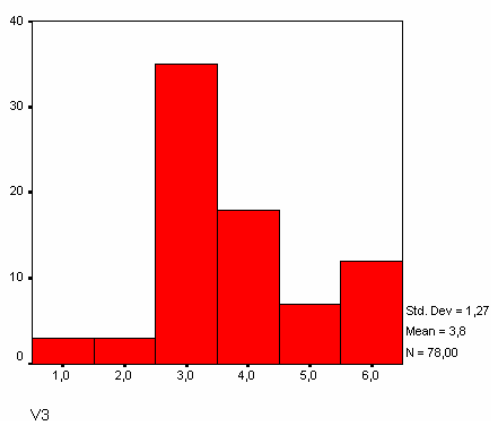


Figura 36 - Histograma Variável 3

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 3, verificamos que 44,9 % dos casos o item é o alvo de rastreabilidade, enquanto que em 23,1% dos casos o alvo é o “carrier”/lote/”batch”

V3

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	3	3,8	3,8	3,8
2	3	3,8	3,8	7,7
3	35	44,9	44,9	52,6
4	18	23,1	23,1	75,6
5	7	9,0	9,0	84,6
6	12	15,4	15,4	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 12 - Tabela de Frequências - Variável 3

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 4, verificamos que 48,7 % dos casos tem como foco da rastreabilidade a área operacional da produção. De realçar que não existe nenhum caso onde o foco da rastreabilidade seja a área operacional do ponto de venda.

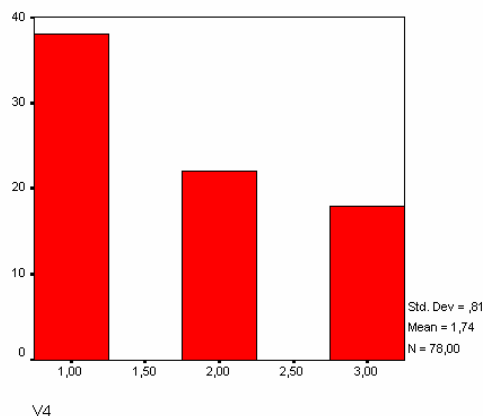


Figura 37 - Histograma Variável 4

V4

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	38	48,7	48,7	48,7
2	22	28,2	28,2	76,9
3	18	23,1	23,1	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 13 - Tabela de Frequências - Variável 4

Como poderemos observar pela figura seguinte, quando o foco da rastreabilidade é da área operacional da produção o alvo de rastreabilidade é maioritariamente o item. Quando vemos o foco na área de armazenagem já verificamos um equilíbrio entre o item, “carrier” e unidade logística de transacção. Num foco sobre a área operacional do transporte, verificamos que em 50% dos casos o alvo de rastreabilidade é a unidade logística de retorno.

V3 * V4 Crosstabulation

Count		V4			Total
		1	2	3	
V3	1	2		1	3
	2	2	1		3
	3	25	9	1	35
	4	9	4	5	18
	5		5	2	7
	6		3	9	12
Total		38	22	18	78

Tabela 14 - Variável 3 relacionada com a Variável 4

4.2.2.2 Perspectiva da Cadeia de Fornecimento

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 5, verificamos que 65,4 % dos casos são empresas com actividade Produtora

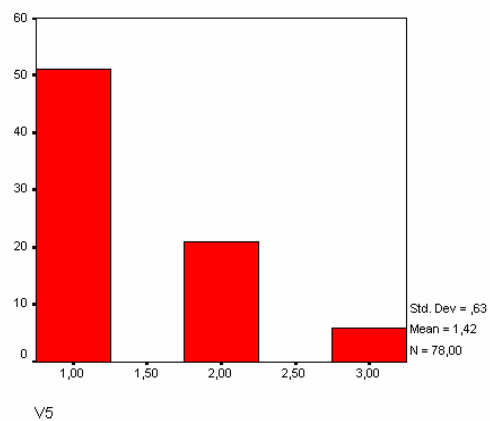


Figura 38 - Histograma Variável 5

V5

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	51	65,4	65,4	65,4
2	21	26,9	26,9	92,3
3	6	7,7	7,7	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 15 - Tabela de Frequências - Variável 5

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 6, verificamos que dos 65,4 % dos casos acima referidos, 58,8 % tem um processo de transformação repetitivo.

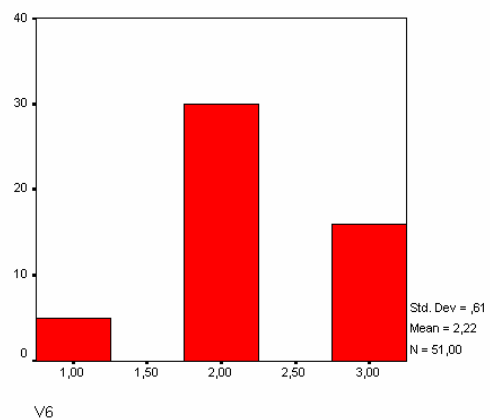


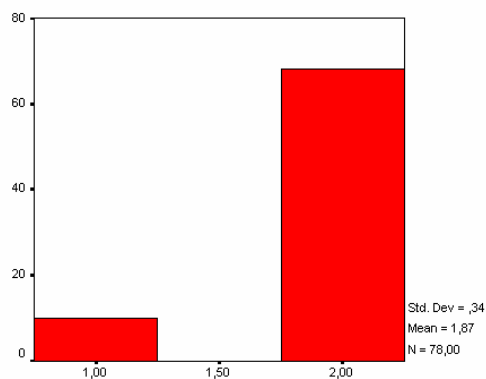
Figura 39 - Histograma Variável 6

V6

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	5	6,4	9,8	9,8
	2	30	38,5	58,8	68,6
	3	16	20,5	31,4	100,0
	Total	51	65,4	100,0	
Missing	-1	27	34,6		
	Total	27	34,6		
Total		78	100,0		

Tabela 16 - Tabela de Frequências - Variável 6

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 7, verificamos que em 87,2% dos casos estamos em presença de produtos Funcionais



V7

Figura 40 - Histograma Variável 7

V7

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	10	12,8	12,8	12,8
	2	68	87,2	87,2	100,0
	Total	78	100,0	100,0	
Total		78	100,0		

Tabela 17 - Tabela de Frequências - Variável 7

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 8, verificamos que 26,9 % dos casos estão relacionados com a indústria automóvel. 10,3 % dos casos são fabricantes de automóveis e 16,7 % dos casos são fornecedores de componentes para a indústria automóvel.

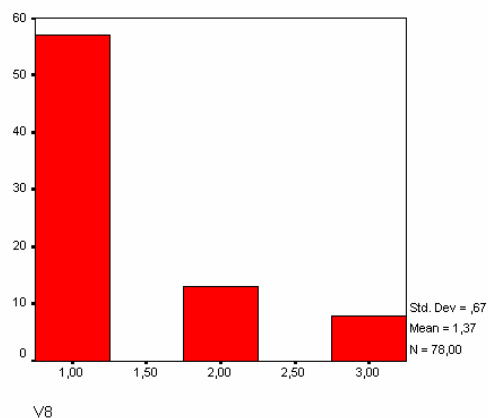


Figura 41 - Histograma Variável 8

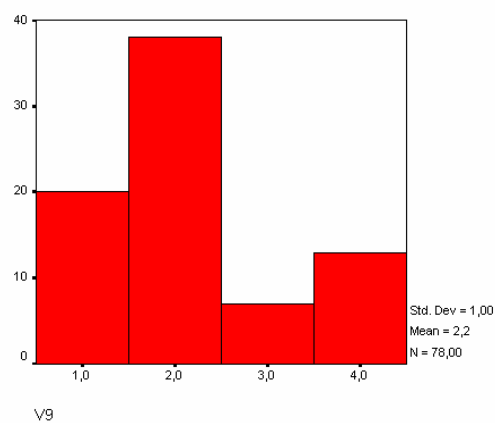
V8

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	57	73,1	73,1	73,1
2	13	16,7	16,7	89,7
3	8	10,3	10,3	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 18 - Tabela de Frequências - Variável 8

4.2.2.3 Perspectiva de RFID

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 9, verificamos que 48,7 % dos casos o “tag” ou “transponder” é colocado no “Carrier” e que somente 25% dos casos é que colocam o “tag” ou “transponder” no item.

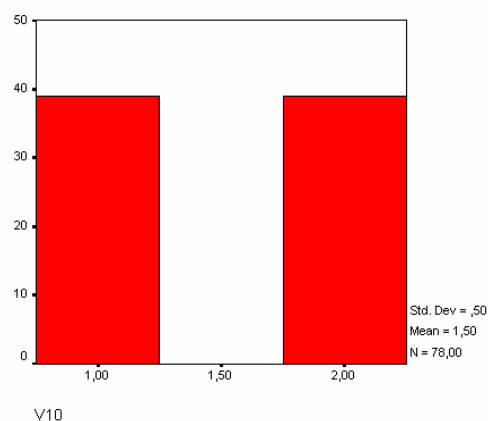


V9

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	20	25,6	25,6	25,6
2	38	48,7	48,7	74,4
3	7	9,0	9,0	83,3
4	13	16,7	16,7	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 19 - Tabela de Frequências - Variável 9

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 11, verificamos que 50% dos casos usam o tag ou transponder em modo de leitura/escrita



V10

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	39	50,0	50,0	50,0
2	39	50,0	50,0	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 20 - Tabela de Frequências - Variável 10

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 11, verificamos que 82,1% dos casos a linha de vista é factor importante

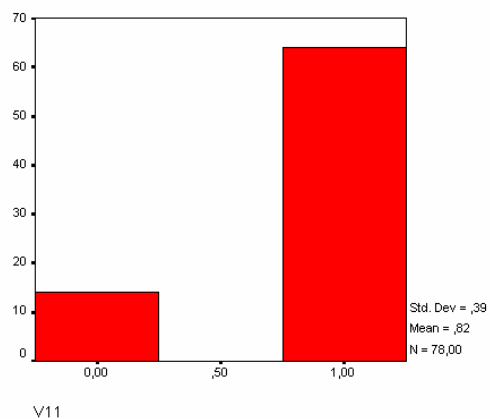


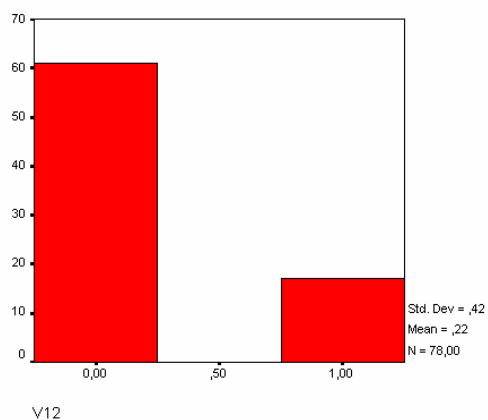
Figura 44 - Histograma Variável 11

V11

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	14	17,9	17,9	17,9
1	64	82,1	82,1	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 21 - Tabela de Frequências - Variável 11

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variáveis 12, verificamos que o suporte a altas temperaturas só é importante para 21,8% dos casos.

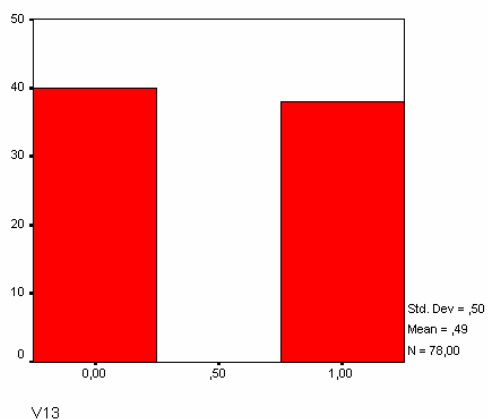


V12

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	61	78,2	78,2	78,2
1	17	21,8	21,8	100,0
Total	78	100,0	100,0	

Tabela 22 - Tabela de Frequências - Variável 12

Ao visualizar o histograma e tabela de frequência das Variável 13, verificamos que a capacidade de resistir a ambientes pesados é importante em 48,7% dos casos.



V13

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	40	51,3	51,3	51,3
1	38	48,7	48,7	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 23 - Tabela de Frequências - Variável 13

Ao se visualizar o histograma e tabela de frequência das Variável 14, verificamos que em 89,7 % dos casos usam a tecnologia RFID num circuito fechado.

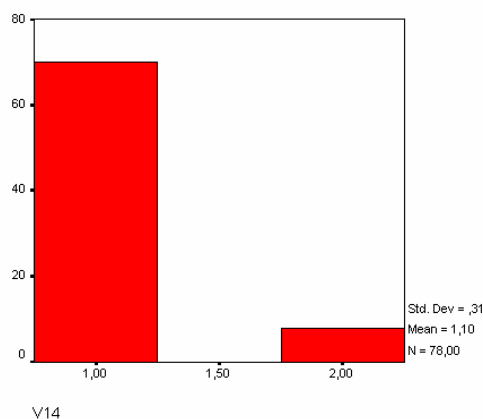


Figura 47 - Histograma Variável 14

V14

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	70	89,7	89,7	89,7
2	8	10,3	10,3	100,0
Total	78	100,0	100,0	
Total	78	100,0		

Tabela 24 - Tabela de Frequências - Variável 14

4.2.2.4 Perspectiva Geral

Ao olhar para os resultados descritos na figura abaixo, verificamos que nos 65,4 % dos casos em que a actividade da empresa é Produção, 74,5 % tem a implementação da rastreabilidade com o foco na área operacional da produção.

V5 * V4 Crosstabulation

Count		V4			Total
		1	2	3	
V5	1	38	9	4	51
	2		13	8	21
	3			6	6
Total		38	22	18	78

Tabela 25 - Variável 4 relacionada com a Variável 5

É interessante de verificar que em 80% dos casos em que a empresa tem o processo de transformação repetitivo, o alvo de rastreabilidade é o item como podemos constatar na figura abaixo.

V3 * V6 Crosstabulation

Count		V6			Total
		1	2	3	
V3	1	1		2	3
	2	1	2		3
	3		24	2	27
	4	2	2	7	11
	5		2	1	3
	6			4	4
Total		5	30	16	51

Tabela 26 - Variável 3 relacionada com a Variável 6

Um aspecto curioso que podemos observar com os dados da figura 22, é que o uso da tecnologia RFID em circuito aberto não tem nenhum caso onde o foco da rastreabilidade seja a área operacional da produção.

V4 * V14 Crosstabulation

Count

		V14		Total
		1	2	
V4	1	38		38
	2	17	5	22
	3	15	3	18
Total		70	8	78

Tabela 27 - Variável 4 relacionada com a Variável 14

CAPÍTULO 5 - Conclusões

Após a apresentação da análise dos resultados, este capítulo é dedicado à síntese das conclusões onde serão abordadas as respostas às perguntas de partida, a minha contribuição e as perspectivas futuras de trabalho.

5.1 Síntese das Conclusões

Antes de apresentar as conclusões deve salientar-se que os considerandos iniciais ao presente trabalho confirmaram-se em larga medida no que diz respeito à aplicação da tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade. As hipóteses formuladas vieram a confirmar-se com a aplicação da metodologia utilizada nesta dissertação. Deste modo, verificou-se que a aplicação da tecnologia está maioritariamente associada a uma perspectiva interna de rastreabilidade, a uma colocação da identificação no meio de transporte interno do produto e num contexto da área da Produção. De realçar que todas as conclusões assentam no pressuposto inicial que tem como base casos reais já implementados com a tecnologia RFID e não em experiências laboratoriais.

Conclusões às perguntas de partida.

1- “A tecnologia RFID é a escolhida em projectos de rastreabilidade em casos onde é inviável o Código de Barras, Quais as suas vantagens?”

Nos quatro casos estudados de empresas com instalações em Portugal, que usam a tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade, é notória a veracidade da afirmação anteriormente descrita. Durante as entrevistas foi verificada a inviabilidade do uso do código de barras no projecto de rastreabilidade em virtude de: não se poder usar em ambientes onde não é possível linha de vista entre o leitor e a colocação física do código; o meio de colocação física do código não sobrevive ao contacto com líquidos e poeiras presentes no ambiente, bem como não suporta a presença de altas temperaturas; não permite uma actualização dinâmica da informação residente no código de barras essencial ao registo de informação de rastreabilidade.

As vantagens verificadas com o uso da tecnologia RFID advêm da sua capacidade de leitura e escrita do “tag” (meio físico de identificação) e de não necessitar de linha de vista entre o leitor e o local onde está colocada fisicamente a identificação.

Por não necessitar de linha de vista, verificou-se que quando a “tag” é encapsulada num revestimento tipo cerâmico as vantagens em relação ao código de barras são acrescidas na capacidade de suporte a ambientes com presença de líquidos, poeiras e altas temperaturas.

Estas vantagens acima referidas estão salientes nos dados dos casos apresentados. Cerca de 50% destes tiram partido da capacidade de actualização de informação da “tag” ao usarem a capacidade de leitura e escrita no modo de uso da tecnologia RFID. A vantagem de não necessitar de linha de vista está presente em 82,1 % como factor importante em termos de uso da tecnologia. Nas restantes vantagens verificou-se que em 48,7% dos casos a capacidade de suportar condições de ambiente de utilização com presença de líquidos e poeiras é um factor de requisito. Enquanto que somente em 21% dos casos a resistência a altas temperaturas se torna um requisito importante.

Verifica-se deste modo, que quando não é possível usar a tecnologia de código de barras pelos quatro aspectos acima referidos, o uso da tecnologia RFID é a alternativa mais eficaz em termos tecnológicos.

2- “As empresas que mais adoptaram a tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade são empresas com actividade de produção.”

Mostra-se claramente no presente estudo que quem mais usa a tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade são empresas com actividade de produção.

É interessante verificar que 65,4% dos casos de estudo são empresas com actividade de produção, embora só em 48% de todos os casos o foco da rastreabilidade seja na área da produção. Isto salienta que as empresas com actividade de produção foram as que mais

usaram a tecnologia RFID. Este dado associado a que 62,8% dos casos são de projectos de rastreabilidade com âmbito alargado e que 83,3% numa perspectiva interna pode indicar que as vantagens da tecnologia se notam claramente nos casos de empresas de produção.

Nas empresas de produção que representam 65,9% dos casos, verifica-se que 58,8 % tem processo de transformação repetitivo. Ao associar-se a este facto o dado de que em 87% dos casos está presente um produto funcional, conclui-se que as linhas de montagem são um claro alvo de uso para a tecnologia de RFID.

Pode ainda dizer-se que quando a actividade da empresa é a produção, não existe nenhuma aplicação prática de uma solução de rastreabilidade com uso da tecnologia RFID centrada na área de ponto de venda.

3-“O uso do RFID está a ser aplicado numa perspectiva interna sem uma abrangência de todos os elos da cadeia na área da rastreabilidade.”

Em 83,3% dos casos estudados, verifica-se claramente que o uso de RFID em projectos de rastreabilidade tem maioritariamente uma perspectiva interna.

A aplicação prática de projectos de rastreabilidade com uma perspectiva interna com múltiplas localizações é somente verificada em 10% dos casos. Também com pouca relevância em termos percentuais é a adopção da rastreabilidade numa perspectiva da cadeia de fornecimento, onde somente se incluem 6% dos casos.

Tendo em consideração estes dados, de maioritariamente os projectos de rastreabilidade terem uma perspectiva interna, podemos perspectivar que a tendência será a abrangência de mais elementos da cadeia de fornecimento pois 83,3% dos casos são referentes a empresas com actividade de produção. Esta ilação surge numa perspectiva de evolução dos projectos de rastreabilidade internos assentes na cadeia de fornecimento.

4- “O modo de uso de RFID em projectos de rastreabilidade é em circuito fechado com a colocação indirecta da tag/transponder no produto.”

A aplicação da tecnologia RFID em projectos de rastreabilidade ficou realçada neste inquérito como sendo usada num circuito fechado, isto é, com reutilização dos “tag” ou “transponders”. Situação que se verificou em 89,7% dos casos. Na perspectiva da colocação indirecta da “tag” ou “transponder” no produto verifica-se que somente em 25% dos casos a colocação foi feita directamente no produto.

Como estamos perante um universo de casos onde uma grande percentagem das empresas tem actividade de produção e um processo de transformação repetitivo, podemos considerar que, associado ao facto da perspectiva interna ser notória, na maioria dos casos, a escolha por uma utilização em circuito fechado é a opção natural.

O presente trabalho de investigação tem na óptica da ‘*minha contribuição*’ dois pontos relevantes. O primeiro é o de conhecer o estado da arte em termos de aplicação da tecnologia RFID na rastreabilidade, enquanto que o outro é a criação e definição de um modelo de rastreabilidade que permita analisar e abordar a aplicação prática de um processo de rastreabilidade com uso da tecnologia RFID.

No primeiro ponto a contribuição é destacada essencialmente pelas conclusões nas respostas às perguntas de partida e nas perspectivas de trabalho futuro. No segundo aspecto, estamos perante um modelo que serviu de base às referidas conclusões e que pode servir para a definição de um projecto de rastreabilidade assente num enquadramento em três diferentes perspectivas.

A perspectiva da cadeia de fornecimento, onde se define o tipo de actividade da empresa, o tipo de processo e o tipo de produto. Na perspectiva da rastreabilidade é necessária a definição em termos de âmbito, tipo de perspectiva, foco da rastreabilidade e item de rastreabilidade.

Estas duas perspectivas estão descritas na figura seguinte.

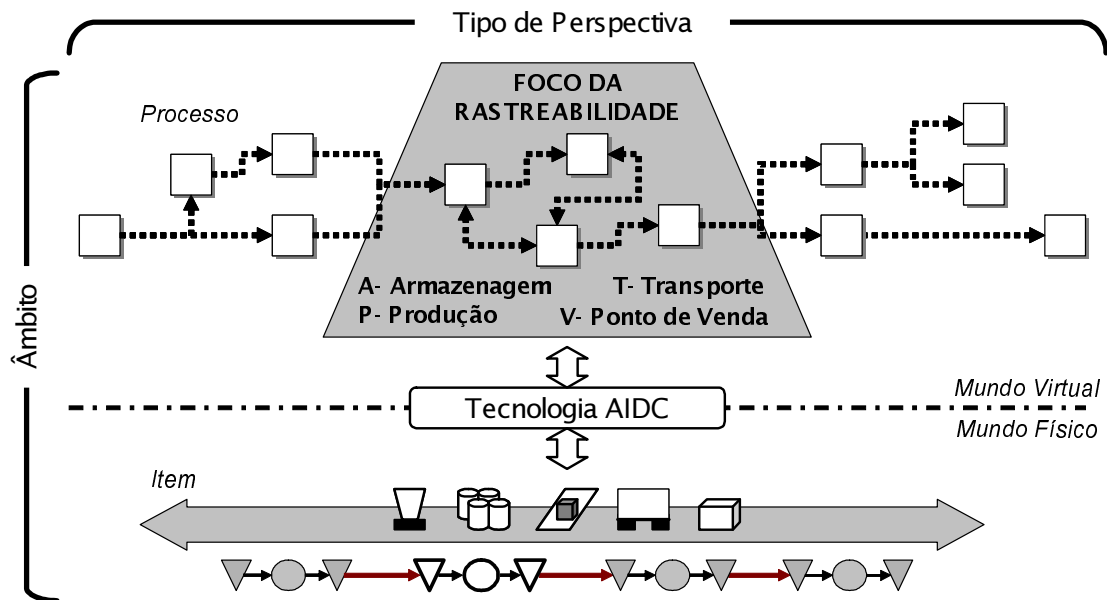


Figura 48 - Modelo de Rastreabilidade

Após ter a perspectiva da cadeia de fornecimento e da rastreabilidade definida deve ser iniciado o processo de implementação de um sistema de informação adequado para que possa receber a informação através da tecnologia de Identificação Automática e Recolha de Dados no sentido de efectuar a ligação do fluxo de informação com o fluxo físico. Neste caso estamos a falar da tecnologia RFID, onde devemos ter em consideração onde é colocada fisicamente a identificação, o modo de uso, o ambiente de utilização e o circuito de utilização.

5.2 Perspectivas de trabalho futuras

Como se constatou no presente trabalho, a tecnologia RFID tem claras vantagens em relação ao código de barras em quatro aspectos fundamentais: capacidade de leitura e escrita; não necessitar linha de vista; suporte a altas temperaturas e a ambientes pesados. Estas vantagens fazem com que sejam as empresas com actividades de produção a usá-la e implementá-la em projectos de rastreabilidade. Em termos futuros é intenção acompanhar a evolução da aplicação da tecnologia em termos de rastreabilidade de componentes em empresas com actividades de distribuição, transporte e ponto de venda.

Como a tecnologia é usada inicialmente no processo de transformação poderá ser alargada a outros elementos da cadeia numa óptica de circuito aberto e com uma perspectiva de cadeia de fornecimento. É notória a tendência para que em termos logísticos se possa aplicar a tecnologia no sentido de que todo o fluxo físico seja facilmente incorporado no fluxo de informação de modo a otimizar os vários processos da cadeia.

Existem dois casos particulares de iniciativa neste sentido. Um deles foi apresentado num evento de RFID realizado no final de 2003 nos Estados Unidos em que os maiores produtores de papel se associaram no sentido de criarem um standard para a sua área de identificação dos rolos de papel que fornecem aos seus clientes. Este standard visa otimizar o processo logístico de envio dos referidos rolos ao longo dos vários centros logísticos espalhados pelo mundo e facilitar no acto da recepção dos mesmos por parte dos seus clientes. Os seus clientes poderão usar a identificação dos rolos no seu processo produtivo de modo a evitar erros e possuir registos fiáveis para a rastreabilidade assim como uma correcta identificação do seu uso nas suas máquinas de produção.

O outro caso é o liderado por uma grande empresa na área da distribuição e pontos de venda de produtos de consumo nos Estados Unidos. O objectivo é que todas as unidades logísticas enviadas pelos seus fornecedores se encontrem identificadas por RFID no sentido de otimizar todos os processos logísticos na sua cadeia de distribuição interna.

Estes dois casos mostram que uma futura área de trabalho será avaliar a evolução do uso da tecnologia em processos logísticos numa perspectiva de aplicação de projectos de rastreabilidade ao longo da cadeia de fornecimento.

Após a evolução do uso da tecnologia nos processos logísticos será bastante interessante acompanhar o respectivo uso em termos de rastreabilidade nos pontos de venda. A iniciativa do “*Electronic Product Code*” visa dar uma identificação a cada unidade de produto de consumo via a tecnologia RFID desde a fase de produção, ao fim do seu ciclo de vida, passando por todos os elementos da cadeia de fornecimento.

Uma outra óptica bastante interessante é o enquadramento do modelo de rastreabilidade apresentado neste trabalho vocacionado para áreas específicas como a alimentar e a de produtos eléctricos e electrónicos de consumo. Esta perspectiva visa corresponder aos novos requisitos de rastreabilidade impostos por organismos como a União Europeia em termos não somente dos produtores mas toda a cadeia de fornecimento no sentido de permitir a logística inversa e outras acções de acordo com o exigido nas várias circunstâncias que surjam com necessidades de acção imediata.

Perspectiva-se por isso um trabalho de investigação e desenvolvimento no tema da rastreabilidade com elevado interesse e grande aplicação nos mais diversos sectores de actividade económica, à medida que o conceito de gestão da cadeia de fornecimento (*supply chain management*) se for aplicando de forma mais generalizada.

Bibliografia

Referências Bibliográficas

[1] Heizer, Jay ; Render, Barry - *2001*

“Operations Management”

Prentice Hall – Sixth Edition - ISBN 0-13-018604-X

[2] Cooper, Martha C. & Lambert, Douglas M. & Pagh, Janus D. – 1997

Supply Chain Management: More than a new name for logistics

International Journal of Logistics Management – Volume 8 – Number 1 – pp 1-14

[3] Lambert, Douglas M.; Stock, James R.; Ellram, Lisa M. - *1998*

“Fundamentals of Logistics Management”

Irwin/McGraw-Hill – ISBN 0-07-115752-2

[4] H.J. Johansson, P. McHugh, A.J. Pendlebury, W.A. Wheeler - 1993

Business Process Reengineering: Breakpoint Strategies for Market Dominance

John Wiley & Sons, Chichester

[5] Lee, Hau L & Padmanabhan, V & Whang, Seungjin – 1997

The Bullwhip Effect in Supply Chains

Sloan Management Review - Volume 38 – Issue 3 – pp. 93-102.

[6] Towill, Dennis R. – 1996

“Time compression and supply chain management – a guided tour”

Logistics Information Management – Volume 9 – Number 6 – pp.41-53

MCB University Press – ISSN 0957-6053

[7] Fisher, Marshall L.- 1997

“What is the right supply chain for your product”

Harvard Business Review – March-April 1997

[8] Duguay, Claude R. & Landry, Sylvian & Pasin, Federico – 1997

From mass production to flexible/agile production

International Journal of Operations & Production Management – Volume 17 – Numero 12 – pp 1183-1195

[9] Naylor, J. Ben & Naim, Mohamed M & Berry, Danny – 1999

Leagility : Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the supply chain

International Journal Production Economics – Volume 62 – pp 107-118.

[10] Mason-Jones, Rachel & Towill, Denis R. - 1999

Using the information decoupling point to improve supply chain performance.

The International Journal of Logistics Management – Volume 10 – Numero 2 – pp 13-26

[11] Johnson, M. Eric & Anderson, Emily – 2000

“Postponement Strategies for Channel Derivates”

The International Journal of Logistics Manegement – Volume 11 – Number 1 –pp 19-35.

[12] Hoek, R.I. van – 2001

“The rediscovery of postponement a literature review and directions for research”

Journal of Operations Management – Number 19 – pp. 161-184

[13] Holmström, Jan & Kärkkäinen, Mikko – 2002

“Wireless product identification : enable for handling efficiency, customisation and information sharing”

Supply Chain Management – An International Journal – Volume 7 – Number 4 – pp. 242-252.

MCB UP Limited – ISSN 1359-8546

[14] Dorp, Kees-Jan van - 2002

“Tracking and tracing : a structure for development and contemporary practices”

Logistics Information Management – Volume 15 – Number 1 – pp.24-33

MCB UP Limited – ISSN 0957-6053

[15] Finkenzeller, Klaus - 1999

“RFID Handbook – Rádio-Frequency Identification Fundamentals and Applications”

John Wiley & Son, Ltd – ISBN 0471 988510

[16] Carvalho, José Crespo de – 2003

“Logística, Supply Chain & Network Management”

Ad Litteram – Coleção Escola de Gestão – ISBN 9799729575975

Referências na Internet

[W1] Council of Logistics Management – CLM home page <http://www.clm1.org> - Acesso em 18 de Maio de 2003

[W2] Automatic Identification Manufacturers, Inc.– AIMhome page <http://www.aimglobal.org> - Acesso em 18 de Maio de 2003

[W3] Automotive Industry Action Group – <http://www.aiag.org> - Acesso em 29 de Agosto de 2003

[W4] ISO/IECJTC1/SC31 - Working Group on RFID for Item Management (WG 4) http://usnet03.uc-council.org/sc31/sc31_wg4.cfm - Acesso em 29 de Agosto de 2003

[W5] “RFID a week long survey on the technology and its potential” – Harnessing Technology Project – Março 2002

Interaction Design Institute Ivrea - <http://www.interaction-ivrea.it/en/index.asp> - Acesso em 29 de Agosto de 2003

[W6] “RFID Picks Up Momentum, Furthers Efficiencies in Supply Chain, Says ABI” – Press Release de 8 de Julho de 2003 - <http://www.abiresearch.com> - Acesso em 25 de Agosto de 2003

[W7] “Automotive Industry Drives the RFID Market, Retail Still Waiting For Shoppers, Says ABI” – Press Release de 21 de Agosto de 2003 - <http://www.abiresearch.com> - Acesso em 25 de Agosto de 2003

[W8] “RFID White Paper” –2002 - Allied Business Intelligence – <http://www.alliedworld.com> - Acesso em Junho de 2003

[W9] “The Global Markets and Applications for Rádio Frequency Identification and Contactless Smartcard Systems, 4th Edition” – Volume I, II – Janeiro 2003 - <http://www.vdc-corp.com> - Acesso em 25 de Agosto de 2003

[W10] “ANSI MH10 SC8 WG4” –RFID for Reusable Containers - http://www.autoid.org/ANSI_MH10/ansi_mh10sc8_wg4.htm - Acesso em 31 de Agosto de 2003

[W11] ISO 15693 - http://www.rfidusa.com/rfid_iso15693doc.html - Acesso em 25 de Agosto de 2003

[W12] Auto-Id Center – <http://www.autoidcenter.org> – Acesso em Setembro de 2003

[W13] Gramling, Kathryn & Bigornia, Anthony & Gillian, Tig - 2003

EPC™ Forum Survey - IBM business consulting services

IBM-AUTOID-BC-005 - Auto-id Center Massachusetts Institute of Technology, - <http://www.autoidcenter.org> - Acesso em Setembro 2003

[W14] EAN•UCC Traceability Implementation – 2003

TRACE-I Project Deliverable - http://online.ean-int.org/pmmweb/Projects/TraceI/Trace-I_final_feb03_1b.pdf - Acesso em 17 de Junho de 2003

[W15] “UCC Finalizes Agreement with MIT Forms Joint Venture with EAN International to Drive Standards for Electronic Product Code (EPC)™ Network” – Press Release de 19 de Maio de 2003 - http://usnet03.uncouncil.org/pressroom/pr_detail.cfm?release_id=47 - Acesso em Setembro de 2003.

[W16] “Stay alive in 2005” – Press Release – 1 de Agosto de 2003 <http://www.frontlinetoday.com/frontline/article/articleDetail.jsp?id=65387> - Acesso em 31 de Agosto de 2003

Anexos

Anexo 1 – Dados do Questionário

Neste anexo estão descritos as respostas às 14 variáveis do questionário para cada caso de estudo que deram suporte a todo o tratamento estatístico. Para cada caso de estudo é referida a fonte e o correspondente endereço na Internet de onde foi retirado.

Na tabela da presente página é possível observar os dados de suporte ao questionário para os primeiros trinta casos de estudo.

Pergunta >>>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12
ID	Fonte	Site	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
1	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
2	EMS	www.ems-rfid.com	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	0	0	0	1
3	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	1
4	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	2	1	1	2	2	0	0	0	1
5	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	1	1	2	2	0	0	0	1
6	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	2	2	0	0	1	1
7	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	1	2	0	0	1	1
8	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	3	2	1	1	1	0	1
9	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	2	2	2	2	2	0	0	1	1
10	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	3	2	1	2	1	0	1	1	1
11	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	1	0	0	1
12	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	3	2	1	1	1	1	0	0	1
13	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	3	2	2	0	1	1	1
14	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	3	2	2	1	1	1	1
15	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	1	1	2	0	1	1	1
16	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	2	2	0	0	0	1
17	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	3	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1
18	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	3	2	2	2	2	0	1	1	1
19	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1
20	EMS	www.ems-rfid.com	2	3	2	1	1	2	2	2	4	2	0	0	1	1
21	EMS	www.ems-rfid.com	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	1
22	EMS	www.ems-rfid.com	1	2	6	3	3	-1	2	1	4	2	1	0	0	1
23	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	2	1	4	2	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1
24	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	2	2	6	2	1	3	1	1	4	2	1	0	0	1
25	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	0	0	2
26	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	2	5	3	3	-1	2	1	3	1	1	0	1	1
27	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	2	1	3	1	1	3	2	1	1	1	1	0	1	1
28	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	2	4	3	1	3	2	1	4	2	1	0	1	1
29	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	2
30	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	1

Para os restantes 48 casos de estudo, os respectivos dados de suporte ao questionário poderão ser observados na tabela seguinte.

Pergunta >>>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				12
ID	Fonte	Site	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	
31	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	2	
32	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	1	
33	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	2	3	3	2	-1	1	1	1	1	1	0	0	2	
34	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	1	
35	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	2	6	3	3	-1	2	1	4	2	1	0	0	2	
36	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	1	5	2	1	3	2	1	3	2	1	0	1	2	
37	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	1	2	5	3	2	-1	2	1	3	1	1	0	1	2	
38	AIM UK	www.aim-uk.org.uk	2	3	6	3	3	-1	2	1	4	2	1	0	1	1	
39	MINEC	www.minec.com	2	3	6	3	3	-1	2	1	4	2	1	0	1	1	
40	OMROM	www.omrom.com	2	1	4	1	1	3	2	1	2	1	1	1	1	1	
41	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	6	3	2	-1	2	1	4	2	1	0	1	1	
42	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	2	2	2	1	0	1	1	
43	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	3	2	1	2	2	3	1	1	1	0	0	1	
44	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	3	1	1	2	2	3	1	1	1	0	0	1	
45	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	3	1	1	2	2	1	2	1	1	0	0	1	
46	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	6	2	1	3	2	1	4	2	1	0	1	1	
47	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	4	2	1	3	1	1	2	1	1	0	0	1	
48	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	1	0	0	1	
49	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	1	0	0	1	
50	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	2	2	-1	2	1	2	2	1	0	0	1	
51	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	5	2	1	2	2	1	3	2	1	0	0	2	
52	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	3	1	2	1	1	1	1	
53	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
54	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
55	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	1	0	0	1	
56	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	4	2	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1	
57	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	5	2	1	2	2	1	3	1	1	0	0	1	
58	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	1	0	1	1	
59	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2	1	4	1	1	3	2	2	2	1	1	0	1	1	
60	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	2		1	3	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	
61	SIEMENS	www.ad.siemens.de/moby	1	1	2	2	1	2	2	3	1	1	1	0	0	1	
62	INTERMEC	www.intermec.com	2	1	4	2	2	-1	1	1	2	1	1	0	0		
63	ROBOTAG	www.robotag.com	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
64	SAVI	www.savi.com	1	3	6	3	2	-1	2	1	1	1	1	0	1	1	
65	TAGMASTER	www.tagmaster.com	1	1	4	3	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1	
66	TAGMASTER	www.tagmaster.com	1	1	4	3	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1	
67	TAGMASTER	www.tagmaster.com	1	1	4	3	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1	
68	TAGMASTER	www.tagmaster.com	2	1	3	1	1	2	2	3	1	2	1	1	1	1	
69	TAGMASTER	www.tagmaster.com	1	3	6	3	3	-1	2	1	4	1	1	0	1	1	
70	TAGMASTER	www.tagmaster.com	2	1	6	3	1	3	2	1	4	2	1	0	0	1	
71	TRENSTAR	www.trenstar.com	1	1	6	3	1	3	2	1	4	1	1	0	1	1	
72	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	1	1	3	2	2	-1	2	1	1	1	1	0	0	1	
73	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	2	1	5	2	2	-1	2	1	3	1	1	0	0	1	
74	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	2	2	4	3	2	-1	2	1	2	1	1	0	0	1	
75	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	2	1	1	1	1	3	2	1	~2	1	1	0	1	1	
76	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	2	1	4	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	
77	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	2	1	5	2	2	-1	2	1	3	1	1	0	0	1	
78	TEXAS INSTR.	www.ti.com/tiris	1	1	6	2	2	-1	2	1	4	1	1	0	1		